

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2003年2月27日 (27.02.2003)

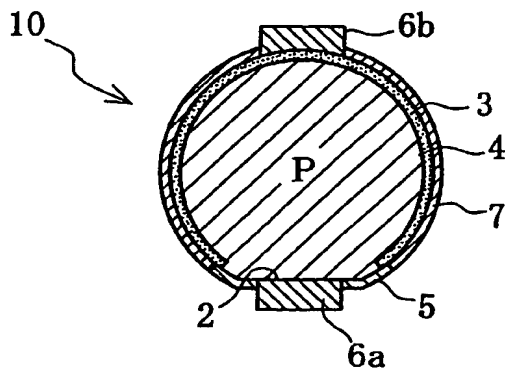
PCT

(10) 国際公開番号  
WO 03/017383 A1

- (51) 国際特許分類: H01L 31/072, 31/103, 33/00, 29/06 (74) 代理人: 岡村俊雄 (OKAMURA, Toshio); 〒530-0047 大阪府大阪市北区西天満4丁目5番5号 岡村特許事務所 Osaka (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP01/06973 (81) 指定国 (国内): AU, CA, CN, JP, KR, US.
- (22) 国際出願日: 2001年8月13日 (13.08.2001) (84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (DE, FR, GB, IT, NL, SE).
- (25) 国際出願の言語: 日本語 添付公開書類:  
— 国際調査報告書
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人 および  
(72) 発明者: 中田 仗祐 (NAKATA, Josuke) [JP/JP]; 〒610-0102 京都府城陽市久世上大谷112番地の17 Kyoto (JP). 2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: SEMICONDUCTOR DEVICE AND METHOD OF ITS MANUFACTURE

(54) 発明の名称: 半導体デバイス及びその製造方法



(57) Abstract: A semiconductor device (10) suitable for a solar cell comprising a semiconductor element (1) of a spherical or generally spherical silicon single crystal (1a, 1b) having one planar face (2), a diffusion layer (3), a generally spherical p-n junction (4), a thin film (5) for a diffusion mask and a positive electrode (6a) formed on the planar face (2), a negative electrode (6b) formed on the top on the side opposite to the positive electrode (6a), and an antireflection film (7) formed on the front side of the diffusion layer (3).

(57) 要約:

この太陽電池セルに適した半導体デバイス（10）においては、球状又はほぼ球状のシリコン単結晶（1a, 1b）に1つの平坦面（2）を形成して半導体素子（1）とし、この半導体素子（1）に拡散層（3）とほぼ球面状のpn接合（4）とが形成され、その平坦面（2）に拡散マスク用薄膜（5）と正電極（6a）が形成され、この正電極（6a）と反対側頂部に負電極（6b）が形成され、拡散層（3）の表面側には反射防止膜（7）が形成されている。

## 明 細 書

## 半導体デバイス及びその製造方法

## 技術分野

- 5 本発明は、複数のほぼ球状の半導体デバイスを組み込んだ発光機能や受光機能のある半導体デバイスとその製造方法に関する。この半導体デバイスは、太陽電池パネル、照明用パネル、ディスプレイ、半導体光触媒など種々の用途に適用可能なものである。

## 10 背景技術

従来、p形又はn形の半導体からなる小径の球状の半導体素子の表面部に拡散層を介してpn接合を形成し、それら多数の球状の半導体素子を共通の電極に並列接続して、太陽電池や半導体光触媒に活用する技術が研究されている。

- 15 米国特許第3,998,659号公報には、n形の球状半導体の表面にp形拡散層を形成し、多数の球状半導体の拡散層を共通の膜状の電極（正極）に接続するとともに多数の球状半導体のn形コア部を共通の膜状の電極（負極）に接続して太陽電池を構成する例が開示されている。

- 20 米国特許第4,021,323号公報には、p形の球状半導体素子とn形の球状半導体素子を直列状に配置して、それら半導体を共通の膜状の電極に接続するとともに、それら半導体素子の拡散層を共通の電解液に接触させて、太陽光を照射して電解液の電気分解を起こさせる太陽エネルギーコンバータ（半導体モジュール）が開示されている。

- 25 米国特許第4,582,588号公報や米国特許第5,469,020号公報に示す球状セルを用いたモジュールにおいても、各球状セルはシート状の共通の電極に接続することより取付けられているため、複数の球状セルを並列接続するのに適するが、複数の球状セルを直列接続するのには適していない。

一方、本発明の発明者は、WO98/15983やWO99/10935号国際公開公報に示すように、p形半導体やn形半導体からなる球状の半導体素子に

拡散層、p n接合、1対の電極を形成した粒状の発光又は受光用の半導体デバイスを提案し、その多数の半導体デバイスを直列接続したり、その複数の直列接続体を並列接続して、太陽電池、水の電気分解等に供する光触媒装置、種々の発光デバイス、カラーディスプレイなどに適用可能な半導体モジュールを提案した。

- 5 この半導体モジュールにおいて、何れかの直列接続体の何れかの半導体デバイスが故障によりオープン状態になると、その半導体素子を含む直列回路には電流が流れなくなり、その直列接続体における残りの正常な半導体デバイスも機能停止状態となり、半導体モジュールの出力の低下が発生する。

- 更に、前記公報に本発明者が提案した正負の電極を形成した球状の半導体デバイスでは、転がりやすいため取扱いが面倒で、正負の電極を形成する位置を決定したり、組み立ての際に正負の電極を識別するのも容易ではない。

- そこで、本願の発明者は、球状の半導体素子に1対の平坦面を形成してそれら平坦面に電極を形成する技術について研究したが、電極形成の為の工程数が多くなるだけでなく、依然として正負の電極を識別することが容易でなく、多数の球状の半導体デバイスを用いて半導体モジュールを量産するのにあまり有利ではないことが判明した。

- 本発明の目的は、1つの平坦面を有し転がりにくく取扱易いほぼ球状の半導体デバイスを提供することである。本発明の別の目的は、前記平坦面に一方の電極を形成する共に 中心を挟んでこの電極の反対側頂部に他方の電極を形成して正負の電極を識別し易くした半導体デバイスを提供することである。本発明の他の目的は、前記のような半導体デバイスの製造方法を提供することである。

#### 発明の開示

- 本発明の半導体デバイスは、p形又はn形の半導体からなるほぼ球状の半導体結晶の一部を除去して平坦面を形成した半導体素子と、前記平坦面を除く半導体素子の表層部に形成された拡散層およびこの拡散層を介して形成されたほぼ球面状のp n接合と、前記半導体素子の中心を挟んで対向するように前記平坦面とこの平坦面と反対側の頂部に設けられ、前記p n接合の両端に接続された第1、第

2の電極とを備えたことを特徴とするものである。

本発明の半導体デバイスの製造方法は、p形又はn形の半導体からなるほぼ球状の半導体結晶を製作する第1工程と、前記半導体結晶の一部を除去して平坦面を形成し半導体素子とする第2工程と、前記平坦面を除く半導体素子の表層部に  
5 拡散層を形成すると共に拡散層を介してほぼ球面状のp n接合を形成する第3工程と、前記半導体素子の中心を挟んで対向するように、前記平坦面とこの平坦面と反対側の頂部に、前記p n接合の両端に接続された第1、第2の電極を形成する第4工程とを備えたことを特徴とするものである。

## 10 図面の簡単な説明

図1～図38は本発明の実施形態を示す図であり、図1(a)、(b)は球状半導体結晶とほぼ球状の半導体結晶の断面図であり、図2は平坦面を形成した半導体素子の断面図であり、図3は拡散マスク用薄膜を形成した半導体素子の断面図であり、図4は図3の半導体素子と耐酸性シートと耐酸性ワックスの断面図で  
15 あり、図5は一部の拡散マスク用薄膜を残した半導体素子の断面図であり、図6は拡散層とp n接合と反射防止膜を形成した半導体素子の断面図であり、図7は図6の半導体素子に電極形成用のアルミニウムペーストと銀ペーストを付着させた半導体素子の断面図であり、図8は図7の半導体素子を加熱処理して1対の電極を形成した半導体素子の断面図である。

20 図9はリードフレームの平面図であり、図10は最も下側のリードフレームとペーストの断面図であり、図11は中間のリードフレームとペーストの断面図であり、図12は複数の半導体デバイスと複数のリードフレームを組み合わせた組立体の平面図であり、図13は前記組立体の正面図であり、図14は透明合成樹脂製の光透過部材を成形後の3組の半導体モジュールとリードフレームの平面図  
25 であり、図15は図14のXV-XV線断面であり、図16は半導体モジュールの平面図であり、図17は半導体モジュールの正面図であり、図18は半導体モジュールの等価回路図である。

図19は第1変更実施形態に係る透明合成樹脂製の光透過部材を成形後の1組

の半導体モジュールとリードフレームの平面図であり、図 20 は図 19 の XX-  
XX 線断面図である。図 21 は第 2 変更実施形態に係る半導体モジュールの平面  
図であり、図 22 は図 21 の XXII-XXII 線断面図である。

図 23 は第 4 変更実施形態に係るベースシートの平面図であり、図 24 は接続  
5 リードを形成したベースシートの平面図であり、図 25 は半導体デバイスを装着  
したベースシートの平面図であり、図 26 はベースシートと半導体デバイスを組  
立てた組立体の端面図であり、図 27 はベースシートと半導体デバイスと光透過  
部材などからなる半導体モジュールの端面図であり、図 28 は図 27 の半導体モ  
ジュールを部分的に変更した半導体モジュールの端面図である。図 29 は前記と  
10 は別のベースシートの平面図であり、図 30 は図 29 のベースシートの縦断面図  
である。

図 31 は第 5 変更実施形態に係る半導体素子の断面図であり、図 32 は図 31  
のものにシリコン成長層と p n 接合を形成した半導体素子の断面図であり、図 3  
3 は図 32 のものに反射防止膜を形成した半導体素子の断面図であり、図 3 4 は  
15 図 33 の半導体素子に正負の電極を形成した半導体デバイスの断面図である。

図 35 は第 6 変更実施形態に係る半導体素子の断面図であり、図 36 は図 35  
のものに p 形ベース層を形成した半導体素子の断面図であり、図 37 は図 36 の  
ものに n 形エミッタ層を形成した半導体素子の断面図であり、図 38 は n p n フ  
ォトトランジスタの断面図である。

20

#### 発明の最良の実施の形態

以下、本発明の実施の形態について図面に基づいて説明する。

最初に、半導体モジュールに組み込まれる太陽電池セルとしての半導体デバイ  
スについて説明する。

25 図 1 ～図 8 は、太陽電池セルとして機能する受光用半導体デバイス 10 の製造  
方法を示しており、図 8 は完成した受光用半導体デバイス 10 の断面図である。

図 8 に示すように、受光用半導体デバイス 10 は、p 形半導体からなるほぼ球  
状の半導体結晶 1 a の一部を除去して平坦面 2 を形成した半導体素子 1 と、n<sup>+</sup>

形の拡散層 3 と、この拡散層 3 を介して形成されたほぼ球面状の p n 接合 4 と、シリコン酸化膜からなる拡散マスク用薄膜 5 と、1 対の電極 6 a, 6 b (正電極 6 a、負電極 6 b) と、反射防止膜 7などを備えている。

半導体素子 1 は、抵抗率が  $1\ \Omega\text{cm}$  程度の p 形のシリコン単結晶からなる例えば直径 1.5 mm の真球状の半導体結晶 1 a (図 1 (a) 参照) から製作したものである。但し、半導体結晶 1 a の代わりに、図 1 (b) に示すシリコン単結晶からなるほぼ同径のほぼ球状の半導体結晶 1 b を適用してもよい。

図 2 に示すように、半導体素子 1 の中心を挟んで対向する 1 対の頂部の一方には、例えば直径 0.7 ~ 0.9 mm の平坦面 2 が形成される。多数の同種の半導体素子 1 の高さ H は例えば 1.3 ~ 1.35 mm 程度の一定の高さに統一される。これは、後述のように半導体モジュール 20 に組立て易くする為である。

$n^+$  形の拡散層 3 は、平坦面 2 を除いて半導体素子 1 の表層部の大部分に形成され、平坦面 2 とその外周近傍部分には拡散マスク用薄膜 5 (例えば、厚さ 0.6 ~ 0.7  $\mu\text{m}$ ) が形成され、平坦面 2 とその外周近傍部分には拡散層 3 が形成されていない。この拡散層 3 は n 形ドーピング不純物としてのリンを拡散させた厚さ 0.4 ~ 0.5  $\mu\text{m}$  の  $n^+$  形拡散層である。半導体素子 1 にはこの拡散層 3 を介してほぼ球面状の p n 接合 4 (正しくは、 $p n^+$  接合) が形成されている。半導体素子 1 の平坦面 2 には、拡散マスク用薄膜 5 を貫通して半導体素子 1 の p 形シリコン単結晶に電氣的に接続された正電極 6 a が形成されている。半導体素子 1 のうち、その中心を挟んで正電極 6 a と反対側の頂部には、反射防止膜 7 を貫通して n 形の拡散層 3 に電氣的に接続された負電極 6 b が形成されている。尚、前記正電極 6 a はアルミニウムペーストを付着焼成させたものであり、負電極 6 b は銀ペーストを付着焼成させたものである。反射防止膜 7 は、リンを含んだシリコン酸化膜 (例えば、厚さ 0.6 ~ 0.7  $\mu\text{m}$ ) からなり、この反射防止膜 7 は拡散マスク用薄膜 5 以外の半導体素子 1 の全表面を覆うように形成され、拡散マスク用薄膜 5 と協働して半導体素子 1 のほぼ全表面を覆っている。尚、以下に説明する半導体デバイス 10 の製造方法の記載からも、半導体デバイス 10 の構造が一層明瞭となろう。

この半導体デバイス 10 においては、ほぼ球面状の p n 接合 4 が光電変換機能を有し、太陽光を受けて光電変換し正電極 6 a と負電極 6 b の間に最大で約 0.6 ボルトの起電力を発生する。この半導体デバイス 10 においては、ほぼ球面状の p n 接合 4 を有し、平坦面 2 に正電極 6 a を形成し、正電極 6 a の反対側の位置であって拡散層 4 の中心に対応する位置に接続された負電極 6 b を形成してあるため、両電極 6 a, 6 b を結ぶ方向を除き、全ての方向から入射する光に対しても、一様な光感度を有する。

平坦面 2 を形成し、平坦面 2 に正電極 6 a を形成し、平坦面 2 と反対側の頂部に負電極 6 b を形成したので、半導体デバイス 10 が転がりにくくなり、真空ピ  
ンセットで吸着する際には平坦面 2 が吸着可能となり、複数の半導体素子 1 を向きを揃えて整列させ易くなり、取扱い易くなった。しかも、正電極 6 a と負電極 6 b をセンサや目視にて容易に判別可能になり、多数の半導体デバイス 10 を半導体モジュールに組み立てる際の作業能率を高めることができる。しかも、負電極 6 b の形成の為に平坦面を形成する必要がないので、電極形成の為に工程を減  
らすことができるため、半導体素子 1 の製作費を低減する上でも有利である。

次に、前記の半導体デバイス 10 を製造する方法について、図 1 ～図 8 を参照して説明する。最初に、図 1 (a) に示すように、例えば直径 1.5 mm で、抵抗率が 1 Ωm 程度の p 形シリコン単結晶からなる球状又はほぼ球状の半導体結晶 1 a を多数製作する。このような球状半導体結晶 1 a は、本発明者が既に特開平 1  
0 - 3 3 9 6 9 号公報や国際公開公報 WO 9 8 / 1 5 9 8 3 号公報において提案した方法で製造することができる。その方法においては、落下チューブを採用し、原料としてのシリコン粒を落下チューブの上端側の内部で浮遊状態で溶融してから自由落下させながら表面張力の作用で真球状を保持しつつ凝固させてほぼ真球状のシリコン単結晶の球体を製作する。尚、前記の半導体結晶 1 a の製作時に  
、凝固時の収縮などの要因により半導体結晶 1 a に微小な突部や凹部が発生することがある。但し、前記の落下チューブを用いた無重力方式ではなく、機械的・化学的な研磨方式により球状又はほぼ球状の半導体結晶を製作してもよい。

ここで、前記の多数の半導体結晶 1 a の代わりに、図 1 (b) に示すような突

出部 1 c のある多数の半導体結晶 1 b を適用してもよい。このような、半導体結晶 1 b は、半導体結晶 1 a と同様の直径と抵抗率をもつものであるが、この半導体結晶 1 b を製造する場合、例えば、シリコンの粉末を燃焼し微粉末としながら高速流のモノシラン／水素の混合気体と共に流動床反応炉内に導入し、600 ～700 °C に加熱してモノシランを分解することによって大量のほぼ球状のシリコン単結晶の半導体結晶 1 b を作ることができる。

次に、図 2 に示すように、半導体結晶 1 a (又は、半導体結晶 1 b) の表面の一部を機械的化学的研磨法により平面加工して直径 0.7 ～0.9 mm 程度の平坦面 2 を形成し、図 2 に示すような半導体素子 1 を製作する。このとき、半導体結晶 1 b のように表面に突起部 1 c がある場合には、その突起部 1 c を除去して平坦面 2 を形成する。半導体結晶 1 a において表面に外面形状の乱れた突部や凹部がある場合には、その突部や凹部を除去して平坦面 2 を形成し、高さ H が 1.3 ～1.35mm の半導体素子 1 とする。前記平坦面 2 を形成する場合、多数の半導体結晶 1 a (又は、半導体結晶 1 b) をガラス板にワックスや合成樹脂にて固定した状態で研磨加工 (ラッピング加工) を行う。しかも、多数の半導体素子 1 における高さ H が例えば 1.3 ～1.35mm 程度の等しい高さになるように、多数の半導体結晶 1 a に対して研磨加工を施す。

前記平坦面 2 を形成することにより、半導体結晶 1 a, 1 b の表面の品質の安定しない部分を除去できるうえ、多数の半導体素子 1 の高さ H を揃えることができるため、後述の半導体モジュール 20 の製作の際に有利である。

次に、図 3 に示すように、熱酸化法により半導体素子 1 の全表面にシリコン酸化膜からなる拡散マスク用薄膜 5 (例えば、膜厚 0.6 ～0.7  $\mu\text{m}$ ) を形成する。

次に、図 4 に示すように、耐酸性シート 8 上に耐酸性ワックス 9 をコーティングし、加熱してワックスを溶融させた状態で、多数の半導体素子 1 の平坦面 2 を耐酸性シート 8 に密着する状態に接触させて固着する。次に、前記の耐酸性シート 8 とワックス 9 と多数の半導体素子 1 を、フッ酸 (HF) とフッ化アンモニウム ( $\text{NH}_4\text{F}$ ) を混合したエッチング液に浸漬し、耐酸性ワックス 9 で覆われていない拡散マスク用薄膜 5 をエッチングにより除去し、その後ワックス 9 を溶解



除去すると、図 5 に示す半導体素子 1 が得られる。この半導体素子 1 においては、半導体素子 1 の平坦面 2 とその外周近傍部にのみ拡散マスク用薄膜 5 が残る。

次に、図 6 に示すように、平坦面 2 とその外周近傍部を拡散マスク用薄膜 5 でマスクした状態において、公知の方法により n 形ドーピング不純物としてのリン (P) を半導体素子 1 の表面に拡散させて n<sup>+</sup> 形の拡散層 3 (深さ 0.4 ~ 0.5  $\mu$ m) を形成し、半導体素子 1 の表面から深さ 0.4 ~ 0.5  $\mu$ m 程度に位置するほぼ球面状の p n 接合 4 を形成する。

リンを拡散する際に p n 接合 4 の端縁は拡散マスク用薄膜 5 の下に拡散して潜り込み表面が保護され、拡散マスク用薄膜 5 が残っていない表面には、リンを含む薄いシリコン酸化膜 (例えば、膜厚 0.4  $\mu$ m 程度) が形成されるので、このシリコン酸化膜をそのまま残して反射防止膜 7 とする。そのため、反射防止膜 7 を形成する工程を省略可能となるので有利である。但し、前記のシリコン酸化膜の表面に CVD 法により二酸化シリコンを堆積させて反射防止膜の厚さを最適な値に調整してもよい。こうして、図 6 に示すように、半導体素子 1 の平坦面 2 とその外周近傍部は、SiO<sub>2</sub> からなる拡散マスク用薄膜 5 で覆われ、残りの表面部分はリンを含んだ SiO<sub>2</sub> からなる反射防止膜 7 で覆われた状態となる。このように、反射防止膜 7 を形成するため、光の反射を抑制して光入力を高めることができる。

次に、図 7 に示すように、平坦面 2 の拡散マスク用薄膜 5 の表面にアルミニウムペースト 6 A (例えば、直径 0.5 mm、厚さ 0.2 ~ 0.3 mm) を塗布すると共に、半導体素子 1 の中心を挟んで平坦面 2 に対向する反対側頂部に銀ペースト 6 B (例えば、直径 0.5 mm、厚さ 0.2 ~ 0.3 mm) を塗布し、約 150 °C に加熱して乾燥させる。その後、前記のように、アルミニウムペースト 6 A と銀ペースト 6 B を設けた多数の半導体素子 1 を電気炉内の窒素ガス雰囲気中に収容し、約 800 ~ 850 °C の温度で約 30 分間加熱焼成する。すると、図 8 に示すように、アルミニウムペースト 6 A は拡散マスク用薄膜 5 を貫通して p 形シリコン単結晶に低抵抗接触した正電極 6 a となり、銀ペースト 6 B は反射防止膜 7 を貫通して拡散層 3 に低抵抗接触した負電極 6 b となり、正電極 6 a と負電極 6 b は半導体素子

1の中心を挟んでほぼ対称に位置する。こうして、太陽電池セル（受光用デバイス）として好適の球状又はほぼ球状の受光用半導体デバイス10が完成する。

前記ペーストの塗布の際、アルミニウムペースト6Aは平坦面2に塗布すればよいので、塗布位置を間違えることがないし、アルミニウムペースト6Aと反対側5の頂部に銀ペースト6Bを塗布すればよいので、塗布位置を間違えることがない。

この球面受光型の半導体デバイス10は、国際公開公報WO98/15983号公報の図20～図27に示すように、単独でガラスパッケージや合成樹脂パッケージに收容したり、或いは、複数個を直列接続したアレイとしてガラスパッケージや合成樹脂パッケージに收容したりし、外部回路と接続して指向性の殆どない（全ての方向からの光を受光可能な）受光デバイスとして活用することができる。また、この半導体デバイス10を多数行多数列のマトリックス状に配置して、各列の多数の半導体素子1を直列接続すると共に各行の多数の半導体素子1を並列接続し、これらを透明な合成樹脂内に埋め込んで可撓性のあるシート状の受光用半導体モジュールとすることもできるし、これと同様に、円筒シート状の又は円柱状の受光用半導体モジュールを構成することもできる。尚、複数の半導体素子1を電氣的に接続する構造として、導電性エポキシ樹脂などで接続する構造を採用することもできる。

上記の電極形成の際、拡散マスク用薄膜5の表面にアルミニウムペースト6Aを塗布すると共に、反射防止膜7の表面に銀ペースト6Bを塗布してから加熱焼成することで、p形半導体に接続された正電極6aと、拡散層3に接続された負電極6bを形成するため、電極形成の為の行程を簡単化できる。しかも、拡散層3の形成時に形成されたシリコン酸化膜を反射防止膜7として有効活用するため、半導体デバイス10を製作する工程の数が格段に少なくなり、製造費用を格段に低減することができる。

次に、上記のように製作した太陽電池セルとしての半導体デバイス10を用いて大量生産に適した安価な樹脂モールド形受光用半導体モジュール20（太陽電池モジュール）の構造と製造方法について説明する。最初に、その構造について、図16、図17を参照して説明する。この受光用半導体モジュール20は、実

際には多数行多数列のマトリックス状に配置する半導体デバイス 10 を主体にして構成されるが、説明を簡単にする為に例えば 5 行 5 列の 25 個の半導体デバイス 10 を用いた受光用半導体モジュールを例にして説明する。この受光用半導体モジュール 20 は、25 個の半導体デバイス 10 と、これら 25 個の半導体デバイス 10 を電氣的に接続する導電接続機構 27 であって 6 本の接続リード 21 ~ 26 からなる導電接続機構 27 と、光透過部材 28 と、正極端子 29 a 及び負極端子 29 b を有する。

25 個の粒状の半導体デバイス 10 は、導電方向を揃えた状態で 5 行 5 列に配置され、導電接続機構 27 により各列の複数の半導体デバイス 10 が電氣的に直列接続されると共に、各行の複数の半導体デバイス 10 が電氣的に並列接続されている。導電接続機構 27 は、6 本の金属製の接続リード 21 ~ 26 で構成されている。6 本の接続リード 21 ~ 26 は、最下行の半導体デバイス 21 の下面側の正電極 6 a に接続された接続リード 21 と、各行の半導体デバイス 10 とその上面側に隣接する行の半導体デバイス 10 の間に装着された接続リード 22 ~ 25 と、最上行の半導体デバイス 10 の上面側の負電極 6 b に接続された接続リード 26 とからなる。接続リード 22 ~ 25 の各々は、その下側の半導体デバイス 10 の負電極 6 b とその上側の半導体デバイス 10 の正電極 6 a を接続している。こうして、各列の半導体デバイス 10 は接続リード 22 ~ 25 により直列接続され、各行の半導体デバイス 10 は接続リード 21 ~ 26 により並列接続されている。

これら 25 個の半導体デバイス 10 と導電接続機構 27 は、例えばアクリル樹脂やポリカーボネートなどの透明な合成樹脂からなる光透過部材 28 内に埋め込んだ状態にしてパッケージされ、光透過部材 28 には、各列の半導体デバイス 10 に両側から外来光を導入させる部分円柱レンズ部 28 a が形成されている。この太陽電池パネルとしての受光用半導体モジュール 20 に等価な電気回路は、図 18 に示すようになる。

この受光用半導体モジュール 20 において、透明合成樹脂からなる光透過部材 28 内に埋め込んだ構造になっているので、25 個の半導体デバイス 10 と接続

リード21～26とが強固にパッケージングされ、強度、耐久性に優れる。光透過部材28の部分円柱レンズ部28aは、各列の半導体デバイス10へ外来光を効率的に導入する為のものであり、半導体モジュール20の面を平面に形成する場合に比べて、広い指向性があり採光性と集光性に優れる。しかも、光透過部材28の光の屈折率は1.0より大きいため、光透過部材28に入った光が部分円柱レンズ部28aの表面での反射を繰り返し、半導体デバイス10に吸収され易くなる。

特に、アクリルやポリカーボネートなどの透明な合成樹脂やガラスなどの屈折率は空気の屈折率よりも大きいため、外部から入射した光は光透過部材28内で乱反射により拡散して広く分散する。光透過部材28内に収容された半導体デバイス10はあらゆる方向の光を吸収できるため、従来の片側平面構造の太陽電池パネルに比較して光利用効率が高く、大きな光起電力を発生する。

この半導体モジュール20では、前記のような導電接続機構27を有するため、何れかの半導体デバイス10が故障や日陰により機能低下や機能停止した場合でも、それらの半導体デバイス10による光起電力が低下したり停止するだけで、正常な半導体デバイス10の出力は並列接続関係にあるその他の半導体デバイス10を介して分流出力されるため、一部の半導体デバイス10の故障や機能低下による悪影響は殆ど生じず、信頼性と耐久性に優れる受光用半導体モジュール20となる。しかも、簡単な構造の導電接続機構27を介して複数の半導体モジュール20を直列かつ並列に接続することができる。

次に、以上説明した受光用半導体モジュール20（太陽電池モジュール）を製造する方法について、図9～図15を参照して説明する。

最初に、前述した多数の半導体デバイス10を製作し、これと並行して、図9に示すように、鉄ニッケル合金（Fe56%、Ni42%）の薄板（厚さ0.3mm程度）の表面に厚さ3μm程度の銀メッキ又はニッケルメッキしたものを金型でパンチングして、4つの開口部30a, 30bを有する平板状のリードフレーム21A～26Aを製作する。リードフレーム21Aには、4mm程度の幅の外枠部31と互いに平行な例えば0.5mmの幅の3本の接続リード21を形成する。そ

の他のリードフレーム 2 2 A～2 6 Aについても同様である。

次に、図 9～図 1 3 に示すように、各リードフレーム 2 1 A～2 5 A の接続リード 2 1～2 5 の上面の 5 か所にアルミニウムペースト 3 2（直径 0.5 mm、厚さ 0.2～0.3 mm）を印刷し、リードフレーム 2 2 A～2 6 A の接続リード 2 2  
5 ～2 6 の下面の 5 か所に銀ペースト 3 3（直径 0.5 mm、厚さ 0.2～0.3 mm）を印刷する。次に、リードフレーム 2 1 A の接続リード 2 1 のアルミニウムペースト 3 1 の上に半導体デバイス 1 0 を正電極 6 a を下にして載置する。次に、第 1 段目の 1 5 個の半導体デバイス 1 0 の上にリードフレーム 2 2 A を載置して、1 5 個の負電極 6 b を接続リード 2 2 の銀ペースト 3 3 に接触させる。以下、前  
10 記と同様に、リードフレーム 2 3 A～2 6 A と半導体デバイス 1 0 を順々に載置していき、これらリードフレーム 2 1 A～2 6 A を用いて、2 5 個×3 の半導体デバイス 1 0 を、図 1 3 に示すような 3 組の 5 行 5 列のマトリックス状に配置して組立体 3 0 を作る。その後、最上段のリードフレーム 2 6 A の上に所定の重り  
15 を載置した状態で、加熱炉内に収容して 160～180℃ 程度の温度で加熱し、アルミニウムペースト 3 2 と銀ペースト 3 3 を硬化させる。

こうして、6 枚のリードフレーム 2 1 A～2 6 A を介して各組（各モジュール）の 2 5 個の半導体デバイス 1 0 が電氣的に接続され、3 組の合計 7 5 個の半導体デバイス 1 0 が 6 枚のリードフレーム 2 1 A～2 6 A の接続リード 2 1～2 6  
の間に規則正しく収められ、各モジュールの 2 5 個の半導体デバイス 1 0 において、  
20 て、各列の半導体デバイス 1 0 が接続リード 2 1～2 6 により電氣的に直列接続されるとともに各行の半導体デバイス 1 0 が接続リード 2 1～2 6 により電氣的に並列接続された状態となる。

次に、図 1 4～図 1 5 に示すように、7 5 個の半導体デバイス 1 0 と 6 枚のリードフレーム 2 1 A～2 6 A との組立体 3 0 を成形金型（図示略）に収容し、透  
25 明合成樹脂（例えば、アクリル樹脂やポリカーボネイトなど）を用いて図示のように成形し、各光透過部材 2 8 内に各組の 5 行 5 列の半導体デバイス 1 0 とそれに対応する接続リード 2 1～2 6 を埋め込んで光透過部材 2 8 でパッケージする。こうして、太陽電池パネルとしての 3 組の受光用半導体モジュール 2 0 が同時

に成形される。光透過部材 28 には、各列の半導体デバイス 10 に両側から外来光を集中させる部分円筒レンズ部 28a が形成されている。尚、接続リード 21 ~ 26 の両端部は光透過部材 28 の外部へ突出している。

最後に、3組の受光用半導体モジュール 20 を 6 枚のリードフレーム 21A ~ 26A の外枠 31 から分断すると、図 16、図 17 に示す受光用半導体モジュール 20 が得られる。

#### <第 1 変更実施形態>

前記実施形態では、各半導体デバイス 10 に正電極 6a と負電極 6b を形成してから組立体 30 を組立てる例を説明したが、次のように、組立体 30 を組立てる際に正電極 6a と負電極 6b を形成してもよい。

各リードフレーム 21A ~ 25A の接続リード 21 ~ 25 の上面の 5 個所に、図 10 に示すようにアルミニウムペースト（直径 0.5 mm、厚さ 0.2 ~ 0.3 mm）を印刷し、この各アルミニウムペースト上に電極未形成の半導体デバイス 10 の平坦面 2 を面接触させ、その状態で各リードフレーム 21A ~ 25A とその上の 15 個の半導体デバイス 10 を加熱炉内で 150℃ に加熱してアルミニウムペーストを硬化させ、接続リード 21 ~ 25 に半導体デバイス 10 を固着する。

次に、各リードフレーム 21A ~ 25A に固着した 15 個の半導体デバイス 10 の頂部（半導体デバイス 10 の中心を挟んで平坦面 2 に対向する頂部）に銀ペースト（直径 0.5 mm、厚さ 0.2 ~ 0.3 mm）を塗布し、各リードフレーム 21A ~ 25A の 15 個の半導体デバイス 10 の上に夫々対応する各リードフレーム 22A ~ 26A（上面側に半導体デバイス 10 を固着したリードフレーム 22A ~ 25A と、半導体デバイス 10 を固着していないリードフレーム 26A）を載置し、接続リード 22 ~ 26 を銀ペーストに接触させて、図 13 に示すような組立体 30 に組立て、この組立体 30 を加熱炉内で 150℃ に加熱して銀ペーストを硬化させ、接続リード 22 ~ 26 に半導体デバイス 10 を固着させる。

次に、組立体 30 を加熱炉内に収容し窒素ガス雰囲気中で 800 ~ 850℃ の温度に約 30 分間加熱する。この加熱より、各半導体デバイス 10 の拡散マスク用薄膜

5 が熱破壊されてアルミニウムペーストがp形シリコン半導体に接続状態となり、アルミニウムペーストが正電極 6 a を形成する。同時に、各半導体デバイス 10 の反射防止膜 7 が熱破壊されて銀ペーストがn形拡散層 3 に接続状態となり、銀ペーストが負電極 6 b を形成する。こうして、図 13 に示す組立体 30 が完成  
5 する。この方法では、各半導体デバイス 10 に正負の電極 6 a, 6 b を形成する工程を省略し、組立体 30 の組立と並行的に電極 6 a, 6 b を形成できるため、半導体モジュール 20 の製作費を低減する上で有利である。

＜第 2 変更実施形態＞（図 19、図 20 参照）

10 前記実施形態では、組立体 30 を成形金型内に収容して、透明合成樹脂を注入して 3 組分の半導体モジュール 20 を成形し、その後各半導体モジュール 20 を外枠 31 から分断した。しかし、必ずしも、前記のように 3 組分の半導体モジュール 20 に成形する必要はなく、図 19、図 20 に示すように、25 個×3 の半導体デバイス 10 と接続リード 21～26 を立方体状の成形キャビティを有する  
15 成形金型内に収容して透明合成樹脂を注入して固化し、ほぼ立方体状の光透過部材 28 A 内に 75 個の半導体デバイス 10 を 3 次元的に収容した立方体状の半導体モジュール 20 A に成形してもよい。尚、この立方体状の半導体モジュール 20 A の外面には前記部分円柱レンズ部 28 a と同様の部分円柱レンズ部 28 a を形成することが望ましい。この半導体モジュール 20 A においても、説明の簡単  
20 化の為に、半導体デバイス 10 を 5 行 5 列のマトリックス配列した場合を例として説明したが、半導体デバイス 10 を多数行多数列のマトリックス配列したものを立方体状の半導体モジュール 20 A に成形する場合もある。

この立方体状の半導体モジュール 20 A においては、光透過部材 28 A 内に多数の半導体デバイス 10 が 3 次元的に配列してあるため、3 次元のあらゆる方向  
25 からの光を受けて光電変換する。しかも、この多数の半導体デバイス 10 が大きな受光表面積を持っているので、前記の半導体モジュール 20 に比較して大きな受光能力がある。光透過部材 28 A 内に入射した光の一部は、直接半導体デバイス 10 に到達し、残りの光は乱反射や散乱を繰り返してから半導体デバイス 10

に到達する。そのため、従来の太陽電池パネルよりも光利用効率を格段に高めることができる。尚、この立方体状の半導体モジュール20Aをシート状に構成し、透明な可撓性の光透過部材内に複数層をなすように半導体デバイス10を組み込んだ構造の半導体モジュールを実現することも可能である。

5

＜第3変更実施形態＞（図21、図22参照）

次に、半導体デバイス10を利用した受光機能のある半導体モジュールの変更実施形態について説明する。図21、図22に示すように、この半導体モジュール40は、受光して光電変換する機能のある例えば80個（16個×5）の半導体デバイス10と、金属製の6つの環状リードフレーム41～46を含む導電機構50と、光透過部材48とを有する。但し、半導体デバイス10は半導体モジュール20における半導体デバイス10と同様のものである。

環状リードフレーム41～46は、夫々内側接続リード41a～46aと外側接続リード41b～46bとを一体的に形成してあり、外側接続リード41b～46bには半径方向外側に突出する4つの外部リード41c～46cが形成されている。40個の半導体デバイス10は、導電方向を揃えた状態で8列に区分されて周方向に等間隔おきに内側接続リード41a～46a（例えば、幅0.8 mm）に接続され、残りの40個の半導体デバイス10は導電方向を揃えた状態で8列に区分されて周方向に等間隔おきに外側接続リード41b～46b（例えば、幅0.8 mm）に接続されている。

導電接続機構50は、最下段の環状リードフレーム41と、中段の環状リードフレーム42～45と、最上段の環状リードフレーム46とを有する。環状リードフレーム41～46は、前記実施形態のリードフレーム（21～26）と同様の材質の同様の板厚のものである。最下段の環状リードフレーム41の外部リード41cが正極端子47aとされ、また、最上段の環状リードフレーム46の外部リード46cが負極端子47bとされる。

前記の半導体モジュール20と同様に、各環状リードフレーム41～45は、その上側の半導体デバイス10の正電極6aにアルミニウムペーストにて接続さ



れると共に、各環状リードフレーム 4 2～4 6 は、その下側の半導体デバイス 1 0 の負電極 6 b に銀ペーストにて接続されている。こうして、導電接続機構 5 0 は、各列の 5 個の半導体デバイス 1 0 を電氣的に直列接続すると共に各段の 1 6 個の半導体デバイス 1 0 を電氣的に並列接続している。

- 5 前記の 6 枚の環状リードフレーム 4 1～4 6 と 8 0 個の半導体デバイス 1 0 とを組み立てた組立体 5 1 は、円柱状の光透過部材 4 8 内に埋め込まれている。但し、外部リード 4 1 c～4 6 c の外端部は外部に突出している。光透過部材 4 8 は、アクリルやポリカーボネートなどの透明合成樹脂からなる。光透過部材 4 8 の下端面と上端面の中央部には光の導入率を高める為の円錐状の凹部 4 8 a, 4 8 b が形成されている。光透過部材 4 8 の下端の外周部と上端の外周部には光の導入率を高める為の部分円錐状の面取り部 4 9 a, 4 9 b が形成されてる。

この半導体モジュール 4 0 を製造する方法について説明する。

- 最初に、環状リードフレーム 4 1～4 6 と、8 0 個の半導体デバイス 1 0 を製作して準備する。次に、半導体モジュール 2 0 を製作したのと同様にして、  
15 、環状リードフレーム 4 1～4 6 と、8 0 個の半導体デバイス 1 0 と、アルミニウムペーストと銀ペーストなどを組立てることにより組立体 5 1 を組み立てる。

- 次に、その組立体 5 1 を加熱炉に収容して窒素ガス雰囲気中で 800 ～850 ℃の温度に約 30 分間加熱処理することにより、アルミニウムペーストと銀ペーストを硬化させる。次に、組立体 6 0 を金型内に収容し、金型内へ熔融状態の透明合成  
20 樹脂（例えば、アクリル樹脂やポリカーボネイトなど）を注入して固化させると、半導体モジュール 4 0 が得られる。

尚、この半導体モジュール 4 0 を製作する際にも、第 1 変更実施形態と同様に、電極未形成の半導体デバイス 1 0 を用いて組立体 5 1 を組立てるのと並行的に又は組立てから正負の電極 6 a, 6 b を形成するようにしてもよい。

- 25 この半導体モジュール 4 0 によれば、全体として円柱状に形成されているため外来光が全周 3 6 0 度のどの方向からくる場合でも確実に光透過部材 4 8 内に導入され、半導体モジュール 4 0 の上方や下方からくる外来光も確実に光透過部材 4 8 内に導入される。光透過部材 4 8 内に導入された光は、乱反射して拡散しな

から、半導体デバイス 10 に到達して光電変換され、正極端子 47a と負電極 47b 間に約 3.0 ボルト程度の起電力を発生する。

< 第 4 変更実施形態 > (図 23 ~ 図 29 参照)

- 5 受光用半導体モジュールの変更実施形態について、その製造方法と構造とを織りまぜて説明する。最初に、図 23 に示すベースシート 60 を製作する。このベースシート 60 は、透明合成樹脂 (例えば、アクリル、ポリカーボネート) 製の厚さ 0.4 ~ 0.6 mm の所定のサイズ (例えば、200 mm × 200 mm) の平板状の透明シート体であり、前記の図 8 の半導体デバイス 10 と同様の半導体デバイス
- 10 10 を装着する為の例えば 1.5 mm × 1.5 mm の大きさの正方形の小穴 61 が多数行多数列のマトリックス状に形成され、小穴列と小穴列間には幅 0.8 ~ 1.0 mm の縦フレーム 62 が形成され、小穴行と小穴行間には幅 0.4 ~ 0.6 mm の接続リード形成部 63 が形成されている。この小穴 61 は半導体デバイス 10 の正負の電極 6a, 6b の間の中間の赤道部の複数点が軽く点接触して嵌まるような
- 15 大きさや形状に形成するのが望ましい。小穴 61 の形状は正方形に限定されず、種々の形状を適用可能である。

- このベースシート 60 は、精密な成形金型を用いて射出成形等で製作することができし、シート状又はフィルム状のベースシート素材に、所定のマスキングを施した状態でエキシマレーザー等のレーザー光線による穴あけ加工により製作
- 20 してもよく、その他の方法で製作してもよい。

- 次に、図 24 に示すように、多数の接続リード形成部 63 の少なくとも片面と、小穴 61 に面する部分に、透明な導電性合成樹脂又は金属製の導電膜 64a (例えば、厚さ 10 ~ 30  $\mu$ m) を形成して接続リード 64 にする。ベースシート 60 の列方向一端側と他端側の外部導線接続部 65 には、導電性合成樹脂又は金属製の導電膜 66a (例えば、厚さ 10 ~ 30  $\mu$ m) を形成し、小穴 61 に面する部分にも導電膜 66a を形成して接続リード 66 にする。尚、金属製の導電膜 64a, 66a を形成する場合は、例えばニッケルメッキ膜で形成してもよい。また、前記のベースシート 60 の製作に先行して又は並行して図 8 に示したものと同様の
- 25

半導体デバイス 10 を多数製作する。

次に、図 25、図 26 に示すように、ベースシート 60 を適当な水平な台板の上に約 0.5 mm 程度浮上した状態にセットした状態で、多数の小穴 61 の各々に半導体デバイス 10 を装着する。この場合、半導体デバイス 10 の正電極 6a と負電極 6b に導電性接着剤や導電性ペースト（アルミニウムペースト、銀ペースト、金ペーストなど）を塗布し、全部の半導体デバイス 10 における導電方向が揃うように且つ正負の電極 6a、6b が対応する導電膜 64a、66a に面接触する状態に半導体デバイス 10 を小穴 61 に装着し、半導体デバイス 10 をベースシート 60 の両方の面外へほぼ等しく突出させる。その後、必要に応じて、電極 6a、6b の所の導電性接着剤や導電性ペーストにレーザー光を照射して硬化させてもよい。

こうして、多数の接続リード 64、66 と、半導体デバイス 10 の電極 6a、6b を接続リードに接続する導電ペースト等からなる導電接続機構が構成され、この導電接続機構により、各列の半導体デバイス 10 が直列接続される共に、各行の半導体デバイス 10 が並列接続された状態となる。

次に、図 27 に示すように、前記のようにベースシート 60 と多数の半導体デバイス 10 を組立た組立体 67 を所定の成形金型内に収容し、熔融状態の透明な合成樹脂（例えば、アクリルやポリカーボネートなど）を注入して成形すると、ベースシート 60 と多数の半導体デバイス 10 が合成樹脂からなる光透過部材 68 内に埋め込まれた状態となり、ほぼ透明なシート又はフィルム状の半導体モジュール 70 が得られる。尚、外部導線の接続の為に、ベースシート 60 の両端部の外部導線接続部 65 の一部は光透過部材 68 から突出した状態に成形する。

この成形時に付加する合成樹脂の平均的膜厚は、例えば 0.5 ～ 1.0 mm でよいが、これらの膜厚に限定される訳ではなく、その膜厚は自由に設定することができる。前記の成形に供する合成樹脂は、ベースシート 60 と同種の合成樹脂を採用するのが望ましいが、異種の合成樹脂を適用してもよく、その成形に供する合成樹脂を適切に選択することで、可撓性のある半導体モジュール 70 にすることもできる。そして、半導体デバイス 10 の正負の電極 6a、6b に導電性ペース

トを採用した場合、成形時に注入される合成樹脂の熱で、導電性ペーストの硬化を図ることも可能である。

この半導体モジュール70においては、光導入性能（採光性能）を高める為に、各列の半導体デバイス10に対応する外面部分が部分円筒面69となるように成形しているが、これら部分円筒面69は片面側にのみ形成し、他の面は平坦面に形成してもよい。尚、半導体モジュール70における各半導体デバイス10に対応する外面部分が部分球面となるように成形してもよく、この部分球面は片面側にのみ形成し、他の面は平坦面に形成してもよい。

ここで、図28に示すように、2枚の組立体67を行方向及び／又は列方向に半ピッチずらして接近状に平行に配置し、この状態で前記と同様に成形金型内に収容し、透明な合成樹脂を用いて一体的に成形して光透過部材68Aを形成すると、半導体モジュール70Aが得られる。尚、半導体モジュール70、70Aにおいて、光が入射する方向と反対側の外面に、ニッケルメッキ膜などの光反射膜を形成してもよい。

本実施形態の半導体モジュール70、70Aによれば、前記半導体モジュール20、20A、40と同様の作用、効果が得られる上、特有の作用、効果も得られる。この半導体モジュール70、70Aでは安価に製作可能なベースシート60に、接続リード64、66を形成し、多数の半導体デバイス10を装着し、射出成形等により合成樹脂製の光透過部材68、68Aを形成することでシート状に製作するので、シート状又はフィルム状の軽量の半導体モジュールとなり、製作費を低減することができ、多数の半導体デバイス10により高出力あるいは高電圧の光起電力を発生させることができる。

半導体モジュール70、70Aは2.0～3.0 mmの厚さのものも製作可能であり、窓ガラスに貼り付け可能な太陽電池パネル（太陽電池シート）も実現できる。しかも、可撓性の半導体モジュール70、70Aに構成することも可能であり、自動車のボディー表面に装着可能な半導体モジュールなど、種々の用途に適用可能な半導体モジュール70、70Aを製作することができる。

特に、半導体モジュール70Aにおいては、マトリックス状に配置された半導

体デバイスが２層構造にして組み込んであるため、光透過部材 6 8 A 内に入射した光が半導体デバイス 1 0 に吸収されやすく、光利用効率が高くなる。

- 次に、この変更実施形態を部分的に変更した例について図 2 9、図 3 0 に基づいて簡単に説明する。図 2 9、図 3 0 に示すように、例えばアクリル又はポリカーボネート等の透明合成樹脂製のベースシート 7 1（例えば、厚さ 1.5 ～ 2.0 mm）に多数のほぼ半球状の小凹部 7 2 を多数行多数列のマトリックス状に形成する。このベースシート 7 1 の裏面には例えばニッケルメッキ膜などの光反射膜 7 3 を形成してもよく、光反射膜 7 3 を省略してもよい。尚、ベースシート 7 1 は軟質の透明合成樹脂材料で構成してもよい。
- 10 この小凹部 7 2 は半導体デバイス 1 0 の片側半分を微小の隙間をもって又は隙間なしに装着可能に形成されるが、半導体デバイス 1 0 の平坦面 2 の形状に適合する平坦部 7 2 a が形成されている。そして、各小凹部 7 2 の列方向両端側には正負の電極 6 a, 6 b に面接触させて保持する為の保持片 7 4 が図 2 9 の紙面手前側へ約 0.4 mm 位突出するように形成してある。このベースシート 7 1 に前記
- 15 の接続リード 6 4, 6 6 と同様の構造の多数行の接続リードを形成し、各小凹部 7 2 に半導体デバイス 1 0 を装着して正電極 6 a と負電極 6 b を対応する接続リードに導電可能に接続し且つ固着状態にする。このとき、保持片 7 4 の保持力を利用して半導体デバイス 1 0 を保持するように構成してもよい。尚、接続リードの形成を容易にする為に、各行の保持片 7 4 は連続的に形成してもよい。このよ
- 20 うに多数行に形成した接続リードが、前記接続リード 6 4, 6 6 と同様に、各列の多数の半導体デバイス 1 0 を直列すると共に各行の半導体デバイス 1 0 を並列する導電接続機構を構成する。

- 次に、ベースシート 7 1 に多数の半導体デバイス 1 0 を装着した組立体 7 5 を所定の金型内に収容して、透明な合成樹脂を注入して成形する。この成形に供する合成樹脂に透明な軟質の合成樹脂材料を用いてもよい。こうして、多数の半導体デバイス 1 0 がベースシート 7 1 と注入固化した合成樹脂 7 6 とからなる光透過部材 7 7 内に埋め込まれた状態となり、シート状またはフィルム状の軽量の受
- 25 光用半導体モジュール 7 0 B（太陽電池シート、又は、太陽電池フィルム、又は

、太陽電池パネル）が得られる。尚、前記成形により形成された光透過部材（76）の外表面には、前記部分円筒面69と同様の部分円筒面や部分球面を形成してもよい。この半導体モジュール70Bによれば、前記半導体モジュール70，70Aと同様の作用、効果が得られる。

5

<第5変更実施形態>（図31～図34参照）

図34は、球面受光セルとしての半導体デバイス80の断面図である。この半導体デバイス80を製作する製作方法とその構造について、図31～図34に基づいて説明する。

- 10 図31に示す半導体素子81は、前記の図5に示す半導体素子1と同じものであり、球状のp形シリコン単結晶82に1つの平坦面83を形成し、シリコン単結晶82の表面に薄膜の $n^+$ シリコン成長層85を成長させる前に平坦面83とその外周近傍部に薄膜単結晶成長の際にマスクングする為のマスク用薄膜84（シリコン酸化膜）を前記実施形態と同様に形成する。尚、必要に応じて、マスク
- 15 用薄膜84の外面にシリコン窒化膜（ $Si_3N_4$ ）を形成してもよい。

次に、図32に示すように、外部に露出したp形シリコン単結晶82の表面に公知の例えばジクロロシラン（ $SiH_2Cl_2$ ）、モノシラン（ $SiH_4$ ）を原料ガスとしたホットウオール形常圧化学的気相堆積法（CVD法）を用いて均一な膜厚（例えば、 $0.5 \sim 1.5 \mu m$ ）の $n^+$ 形成層85（これが、半導体薄膜堆積層に相当

20 する）を成長させる。こうして、p形シリコン単結晶82の表層部に球面状のpn接合86が形成される。次に、公知のエッチング方法を用いてマスク用薄膜84を除去し、更に全表面を軽く（例えば、厚さ $0.1 \sim 0.2 \mu m$ ）エッチングする。その後改めて厚さ $0.4 \sim 0.5 \mu m$ のシリコン酸化膜を被着（形成）して、図33に示すようにほぼ球面状の反射防止膜87を形成する。

- 25 この反射防止膜87としては、シリコン酸化膜以外に、酸化チタン、窒化シリコン、酸化アルミニウム、弗化マグネシウムなどの薄膜も適用できる。

次に平坦面83の中心部と、半導体素子81の中心を挟んで平坦面83に対向する球面の頂部に、前記実施形態と同様にして、正電極88aと負電極88bを

形成する。この半導体デバイス 80（球面受光セル）も図 8 の半導体デバイス 10 とほぼ同様の光電変換機能を奏し、広い指向性を持っている。

<第 6 変更実施形態>（図 35～図 38 参照）

- 5 図 38 は、ほぼ球面状の受光面を持つ npn フォトトランジスタ 90（受光用半導体デバイスに相当する）の断面図であり、この npn フォトトランジスタ 90 の製作方法と構造について、図 35～図 38 に基づいて説明する。

図 35 に示す半導体素子 91 は、球状の n 形シリコン単結晶 92（抵抗率 1 ～ 10  $\Omega\text{cm}$ ）の 1 つの頂部に平坦面 93 を形成し、平坦面 93 とその外周近傍部にボ  
10 ロンの拡散マスク用薄膜 94（シリコン酸化膜）を形成したものである。この半導体素子 91 は、前記実施形態の図 5 の p 形シリコン単結晶の代わりに、n 形シリコン単結晶 92 を適用した点で異なるだけであるので、図 5 の半導体素子 1 とほぼ同様にして製作することができる。

次に、n 形シリコン単結晶 92 の表層部に公知の熱拡散技法を用いて p 形不純  
15 物であるボロンを（例えば、深さ 0.3 ～ 0.5  $\mu\text{m}$ ）拡散して、p 形ベース層 95 を形成する。これにより、n 形シリコン単結晶 92 からなる n 形コレクタ 92a との間にほぼ球面状のコレクタ接合 96 を形成する。ボロンを拡散した際に生成した薄いシリコン酸化膜 97 はそれ以外の拡散マスク用薄膜 94 と共に公知のエッチング技法により一旦除去する。その後、図 37 に示すように、改めて全表面  
20 にシリコン酸化膜 98、98a を設ける。このシリコン酸化膜 98 は、次に p 形ベース層 95 の表面上にりんを拡散するためのマスクとして利用するため、平坦面 93 とその外周近傍部の所のシリコン酸化膜 98a を残して公知のフォトエッチング技法により除去する。尚、この平坦面 93 はマスクすべき部分の位置決めに利用できる。

- 25 次に、公知に熱拡散技法により n 形不純物であるりんを（例えば、深さ 0.1 ～ 0.2  $\mu\text{m}$ ）拡散し p 形ベース層 95 の領域内にほぼ球面状の n 形エミッタ層 99 を設ける。これにより、図 37 に示すように、p 形ベース層 95 との間にコレクタ接合 96 と一定間隔（0.1 ～ 0.4  $\mu\text{m}$  程度）を保つエミッタ接合 100 が形成

される。りんを拡散した際に生成した薄いシリコン酸化膜を反射防止膜 101 として利用する。次に前記の実施形態の半導体素子 1 と同様に銀ペーストとアルミニウムペーストを用いて図 38 に示すようにコレクタ電極 102 とエミッタ電極 103 を設ける。この電極 102, 103 は、リードフレームなどの外部導電部材との接合を兼ねて形成しても良い。

このほぼ球状の npn フォトトランジスタ 90 は、球面の大部分が受光面となり、コレクタ接合が逆バイアスされた状態で外部から来た光がコレクタ接合 96 の近傍で吸収されると光電流が発生し、エミッタ電極 103 とコレクタ電極 102 間には増幅された外部電流が流れる。このフォトトランジスタ 90 は、光スイッチなどに利用でき、受光感度が高く光の指向性が広いという特徴がある。

次に、前記実施形態を部分的に変更する種々の変更例について説明する。

1) 前記半導体素子 1 を構成する半導体としては、シリコン多結晶も適用可能であり、シリコンの代わりに、他の半導体、例えば、Si と Ge の混晶半導体、あるいは多層構造の半導体を適用したり、GaAs、InP、GaP、GaN、InCuSe、SiC などの何れかの化合物半導体を適用してもよいし、また、その他の半導体を適用してもよい。

2) 半導体素子 1 を形成する半導体結晶の直径は 1.5 mm に限定される訳ではなく、0.5 ~ 3.0 mm 程度の大きさに構成する場合もある。また、半導体素子 1 を形成する半導体結晶の導電形は p 形に限定される訳ではなく、n 形でもよく、その場合 p 形拡散層を形成するものとする。

3) 化学的気相成長法 (CVD) など他の半導体薄膜生成法を用いて前記拡散層 3 と pn 接合 4 を形成することも可能である。

4) 反射防止膜 7 として、シリコン酸化膜の代わりに、酸化チタン膜や窒化珪素膜など他の絶縁膜で構成してもよい。

5) 電極 6a, 6b の何れか一方又は両方は、金、銀、銅、アルミニウム、アンチモン、アンチモンと金の合金、ガリウム、ガリウムと銀の合金、ガリウムと金の合金、などの何れかの電極材料や、それらのペーストを用いて形成することができる。



6] 半導体モジュール20, 20Aにおける光透過部材の代わりに、半導体モジュールの両面に強化ガラスを装着し、その強化ガラスの間に透明なエチレンビニルアセテート(EVA)樹脂等を充填し、端部を枠材で封止した構造を採用してもよい。

- 5     7] 半導体モジュール20, 20A, 40に装着する半導体デバイスの数や配置や形態は、前記実施形態のものに限定される訳ではなく、自由に設定することができる。例えば、透明な合成樹脂製の薄いシート(例えば、厚さ0.3 mm)に多数の半導体デバイスを多数行多数列に装着し、導電接続機構により、各列の多数の半導体デバイスを直列接続すると共に各行の半導体デバイスを並列接続し、  
10   その後前記シートの両面に光透過部材膜を成形して可撓性のあるシート状の構造の半導体モジュールとすることもあり得る。そして、このシート状の半導体モジュールにおいても、半導体デバイス10を複数層に配置することもできる。

- 8] 前記の半導体モジュールは、受光機能のある半導体モジュールを例にして説明したが、本発明の半導体モジュールは発光機能のある半導体モジュールにも  
15   同様に適用可能である。但し、この場合、半導体デバイスとして発光機能のある半導体デバイス(球状の半導体デバイス、円柱状の半導体デバイス、あるいは粒状の半導体デバイス)を適用する必要がある。

- このような発光機能のある半導体デバイスとしては、例えば、WO98/15983号公報やWO99/10935号公報に、本発明の発明者が提案した種々の球状の発光ダイ  
20   オードを適用することができるし、その他の種々の構造の発光ダイオードを適用してもよい。このような発光機能のある半導体モジュールは、面発光形の照明装置、モノクロやカラーのディスプレイ或いは種々の表示装置、などに適用可能である。

- 9] その他、当業者であれば、本発明の趣旨を逸脱することなく、前記の実施  
25   形態にその他の種々の変更を付加した形態で実施可能であり、本発明は、前記実施形態に開示した種々の形態だけに限定されるものではない。

## 請求の範囲

1. p形又はn形の半導体からなるほぼ球状の半導体結晶の一部を除去して平坦面を形成した半導体素子と、

- 5 前記平坦面を除く半導体素子の表層部に形成された拡散層又は半導体薄膜堆積層およびこの拡散層又は半導体薄膜堆積層を介して形成されたほぼ球面状のp n接合と、

前記半導体素子の中心を挟んで対向するように前記平坦面とこの平坦面と反対側の頂部に設けられ、前記p n接合の両端に接続された第1, 第2の電極と、

- 10 を備えたことを特徴とする半導体デバイス。

2. 請求の範囲第1項に記載の半導体デバイスにおいて、

ほぼ球状の半導体結晶は、半導体の融液をその表面張力を利用してほぼ球状に保持したまま凝固させることで製造されることを特徴とする半導体デバイス。

3. 請求の範囲第1項又は第2項の半導体デバイスにおいて、前記半導体素子の平坦面は、半導体結晶の表面近傍部に突起部がある場合にはその突起部を除去することで形成されることを特徴とする半導体デバイス。
- 15

4. 請求の範囲第1項～第2項の何れかの半導体デバイスにおいて、前記拡散層のほぼ球面状の表面に透明な絶縁性反射防止膜を形成したことを特徴とする半導体デバイス。

- 20 5. 請求の範囲第1項～第4項の何れかの半導体デバイスにおいて、前記半導体結晶を構成するp形又はn形の半導体が、砒化ガリウム(GaAs)、磷化インジウム(InP)、磷化ガリウム(GaP)、窒化ガリウム(GaN)、セレン化インジウム・銅(InCuSe)、シリコンカーバイト(SiC)のうちから選択される化合物半導体であることを特徴とする半導体デバイス。

- 25 6. 請求の範囲第1項～第6項の何れかの半導体デバイスにおいて、前記半導体デバイスが発光デバイスであることを特徴とする半導体デバイス。

7. 請求の範囲第1項～第6項の何れかの半導体デバイスにおいて、前記半導体デバイスが太陽電池セルであることを特徴とする半導体デバイス。

8. 請求の範囲第1項～第6項の何れかの半導体デバイスにおいて、前記半導体デバイスがフォトダイオードであることを特徴とする半導体デバイス。

9. 請求の範囲第1項～第6項の何れかの半導体デバイスにおいて、前記半導体デバイスがフォトトランジスタであることを特徴とする半導体デバイス。

5 10. p形又はn形の半導体からなるほぼ球状の半導体結晶を製作する第1工程と、

前記半導体結晶の一部を除去して平坦面を形成し半導体素子とする第2工程と、前記平坦面を除く半導体素子の表層部に拡散層又は半導体薄膜堆積層を形成すると共に拡散層又は半導体薄膜堆積層を介してほぼ球面状のpn接合を形成する

10 第3工程と、

前記半導体素子の中心を挟んで対向するように、前記平坦面とこの平坦面と反対側の頂部に、前記pn接合の両端に接続された第1、第2の電極を形成する第4工程と、

を備えたことを特徴とする半導体デバイスの製造方法。

15 11. 請求の範囲第10項の半導体デバイスの製造方法において、

前記第3工程において、前記pn接合の形成時に前記拡散層のほぼ球面状の表面に絶縁性反射防止膜を形成し、

前記第4工程において、前記半導体素子の中心を挟んで対向するように前記平坦面とこの平坦面と反対側の頂部に電極材を設け、これら1対の電極材から第1

20 , 第2の電極を形成することを特徴とする半導体デバイスの製造方法。

図 1

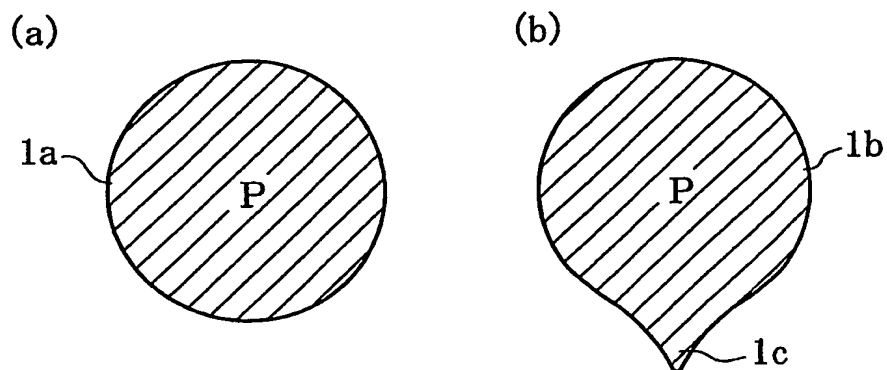


図 2

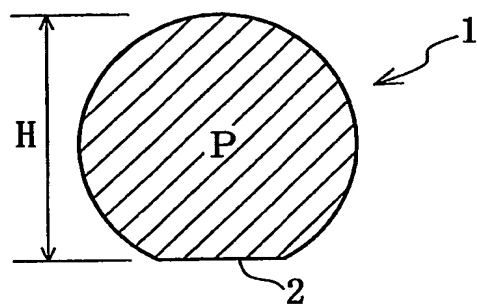


図 3

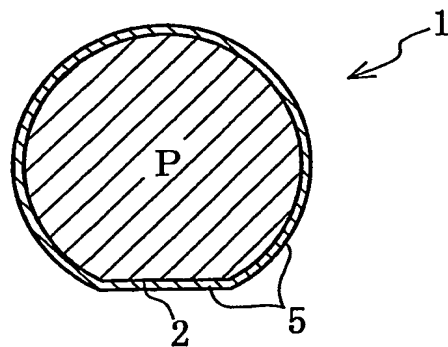


図 4

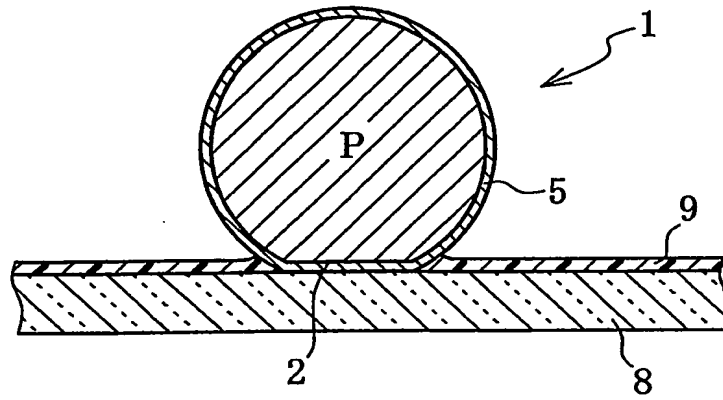


図 5

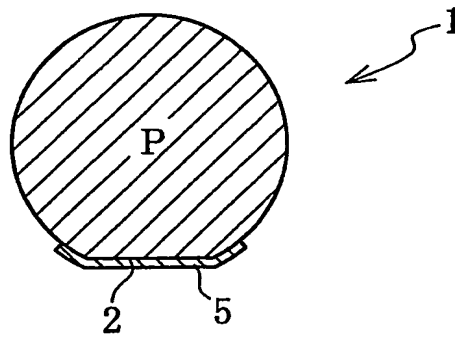


図 6

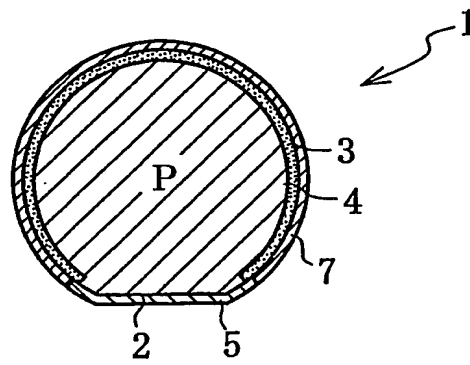


図 7

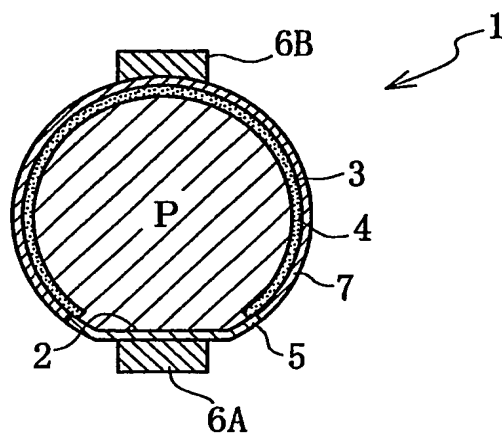


図 8

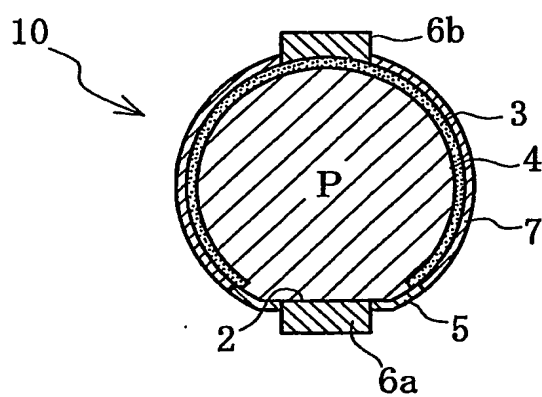


図9

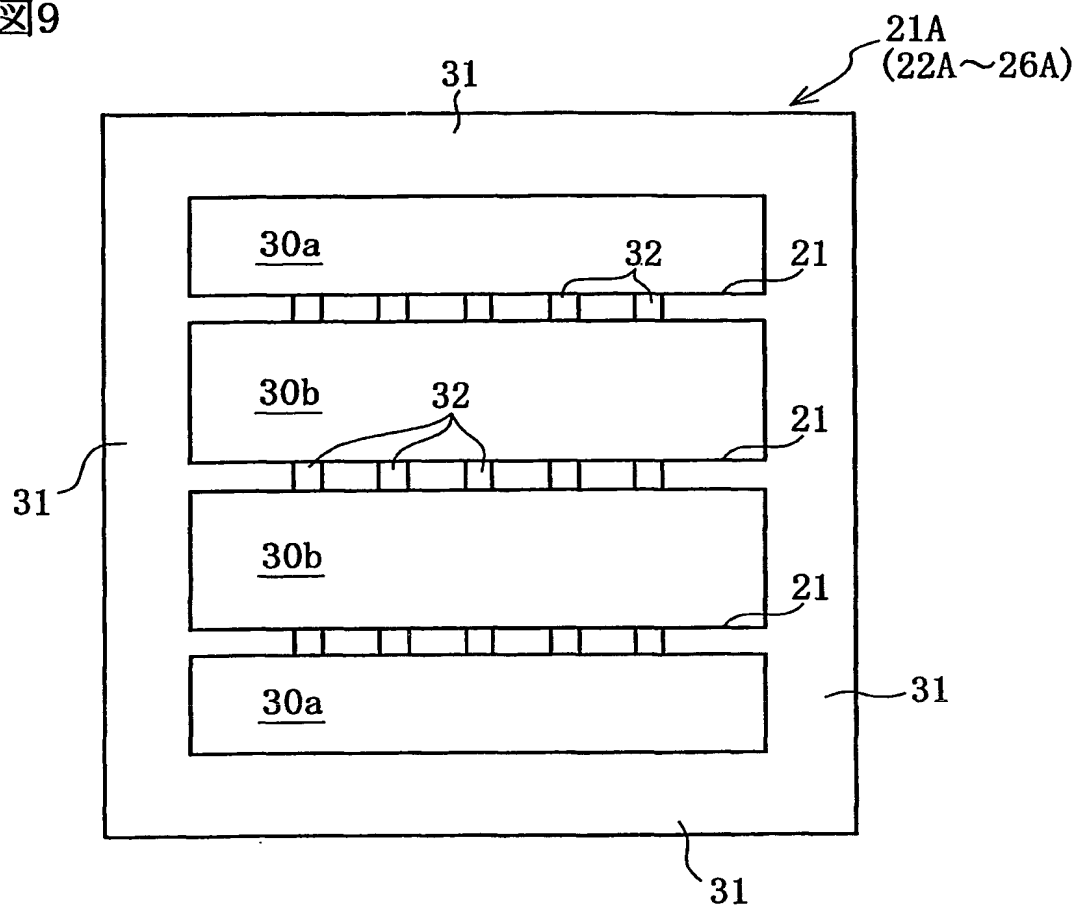


図10

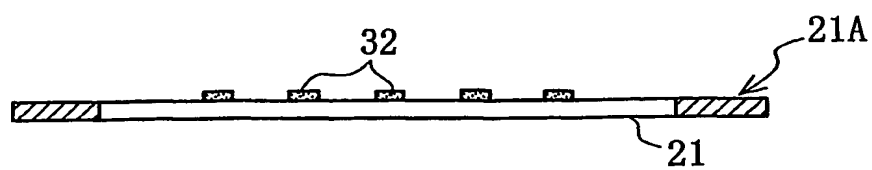


図11

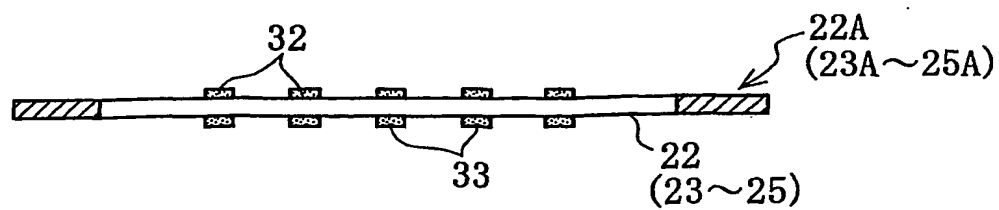


図12

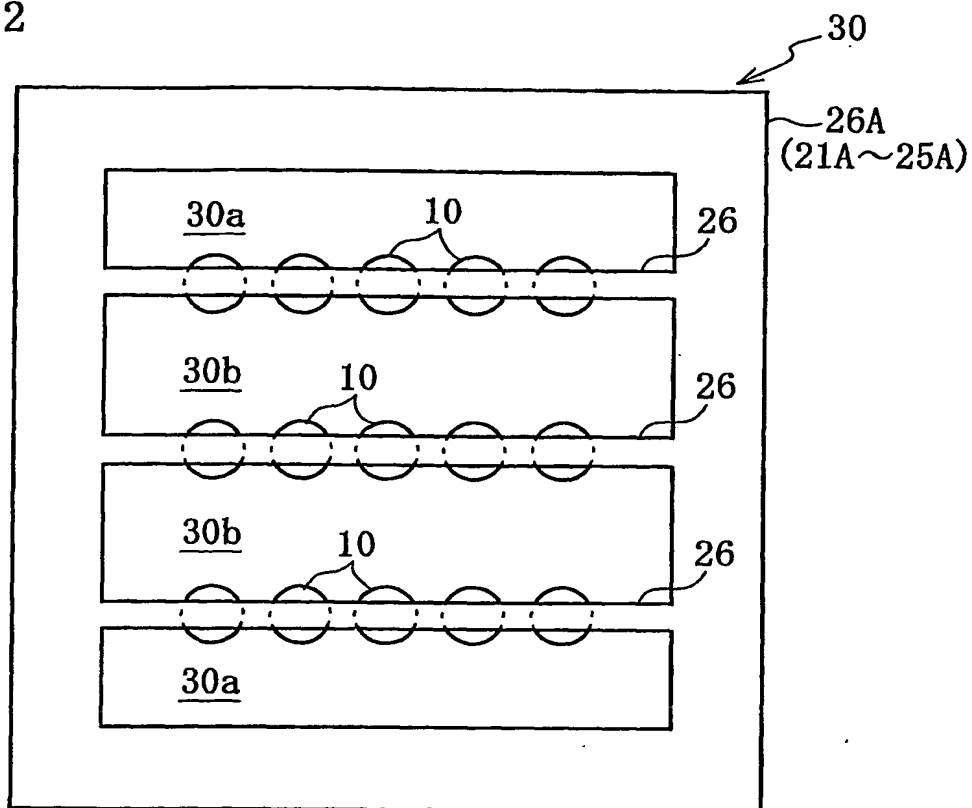


図13

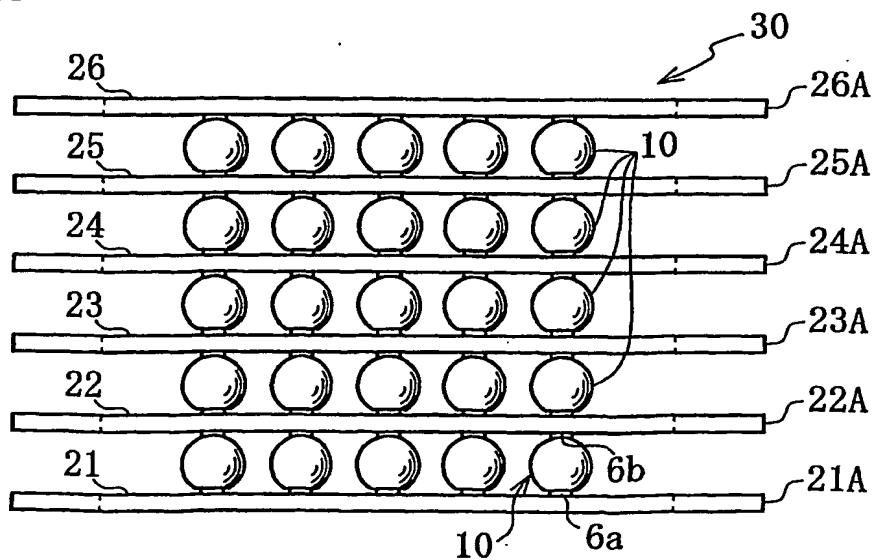




図14

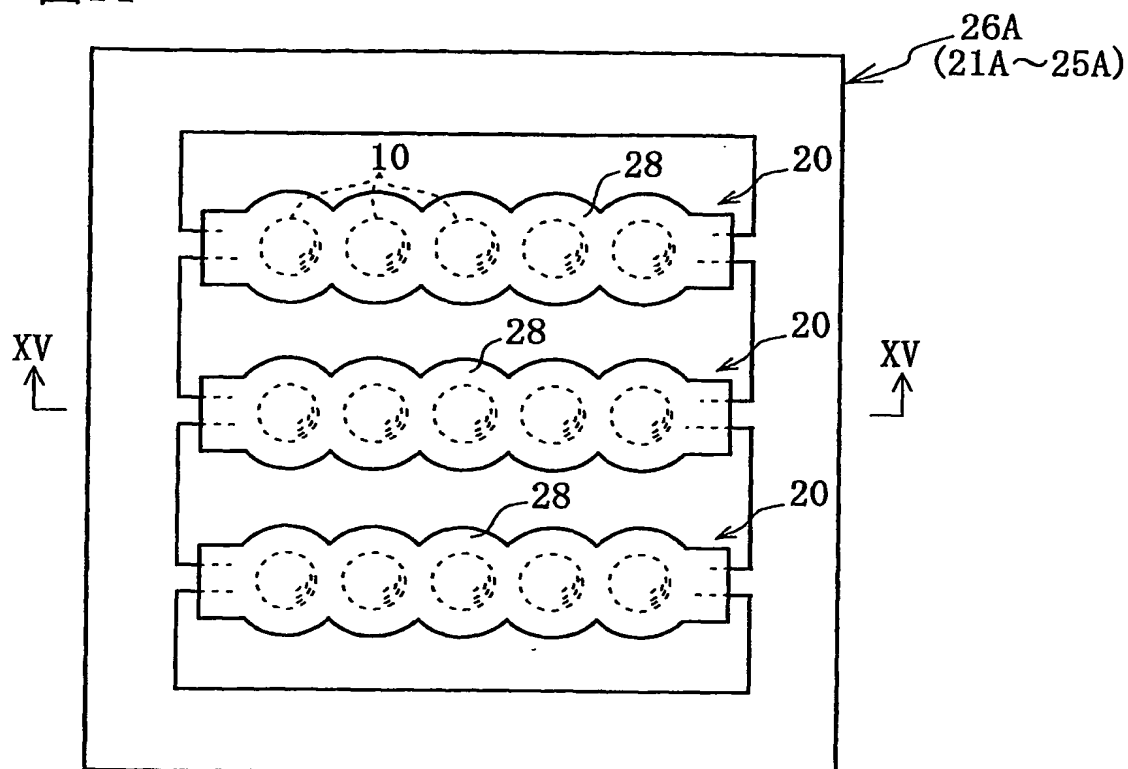


図15

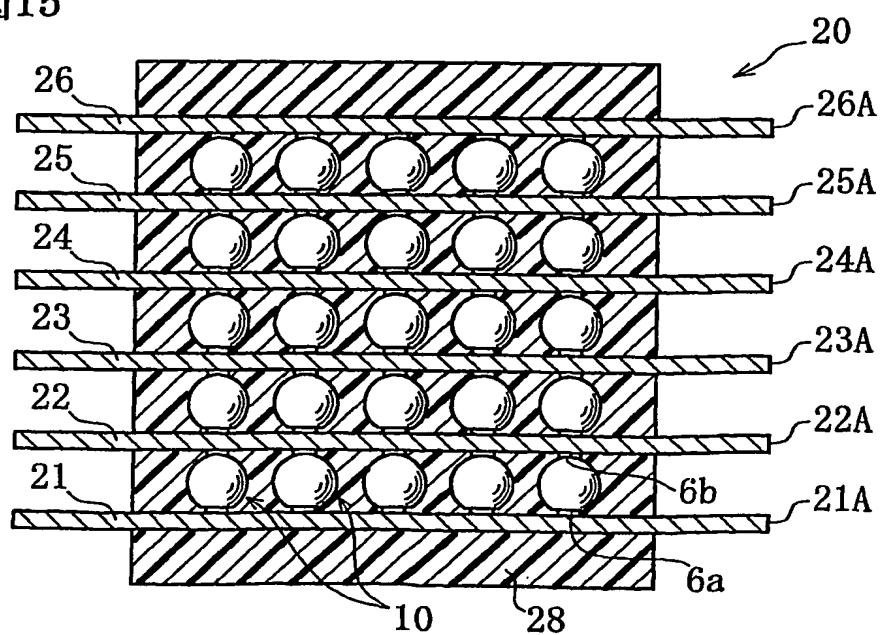


図16

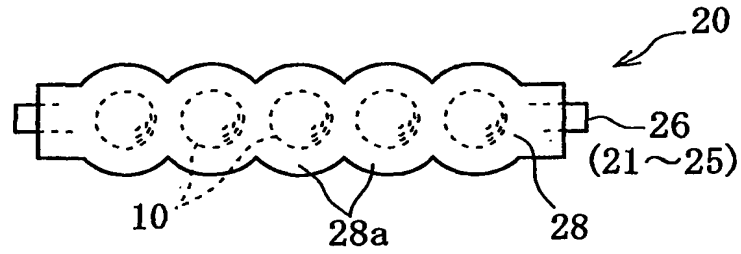


図17

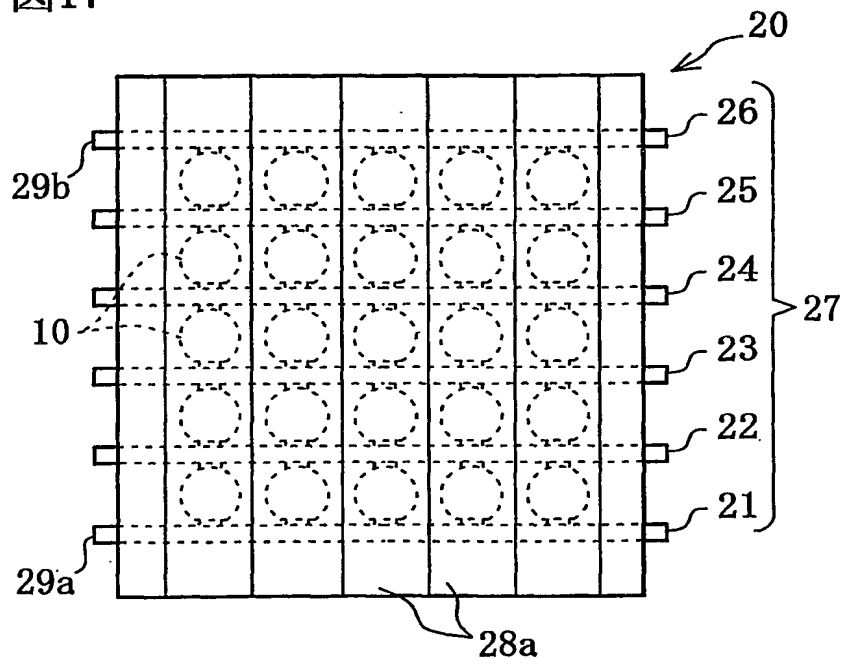


図18

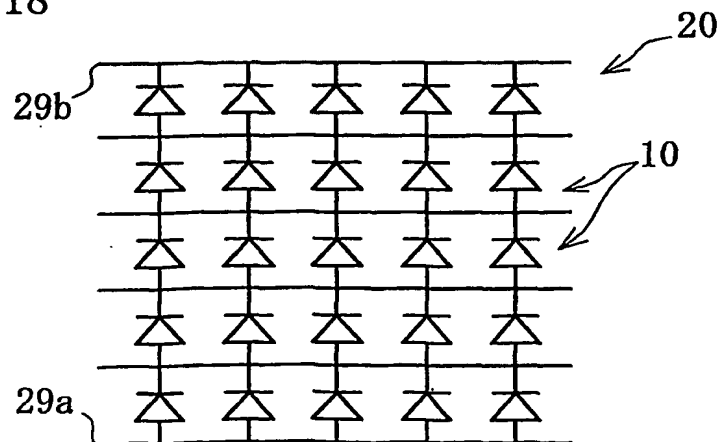


図19

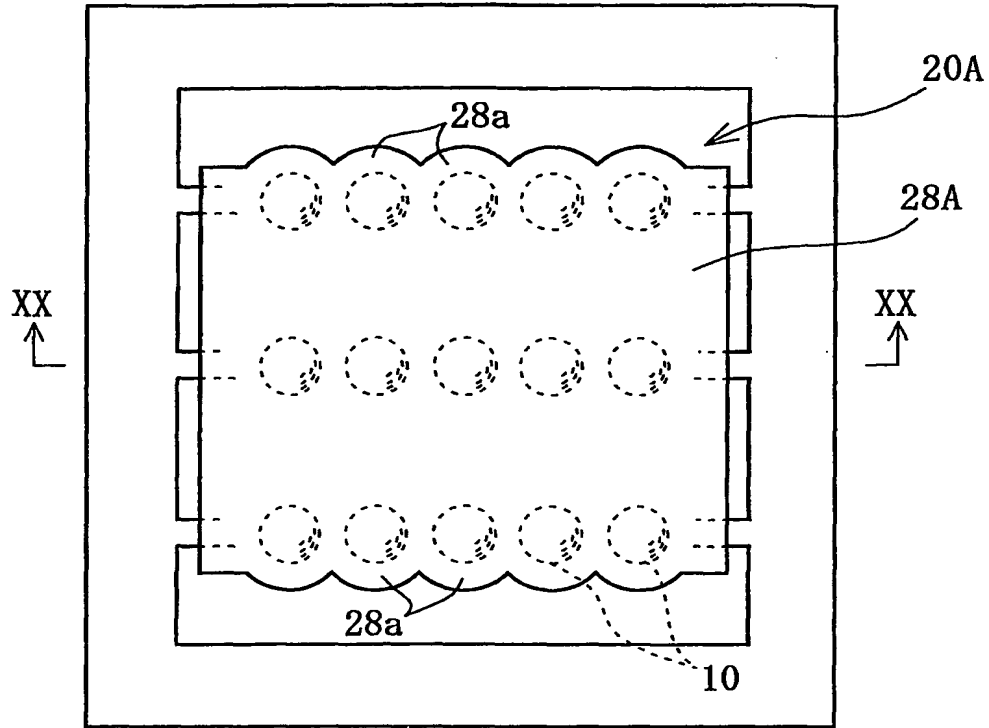


図20

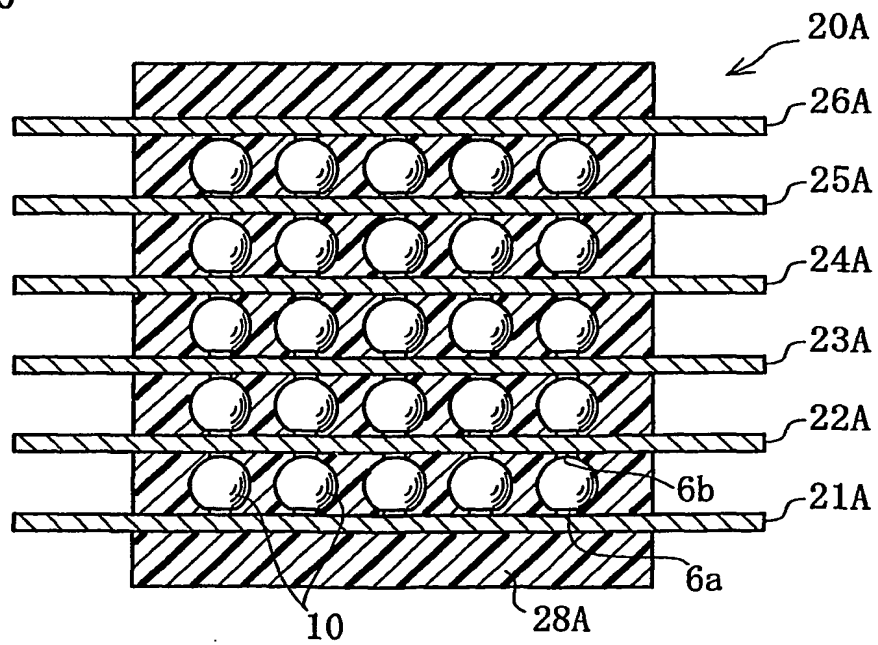


图21

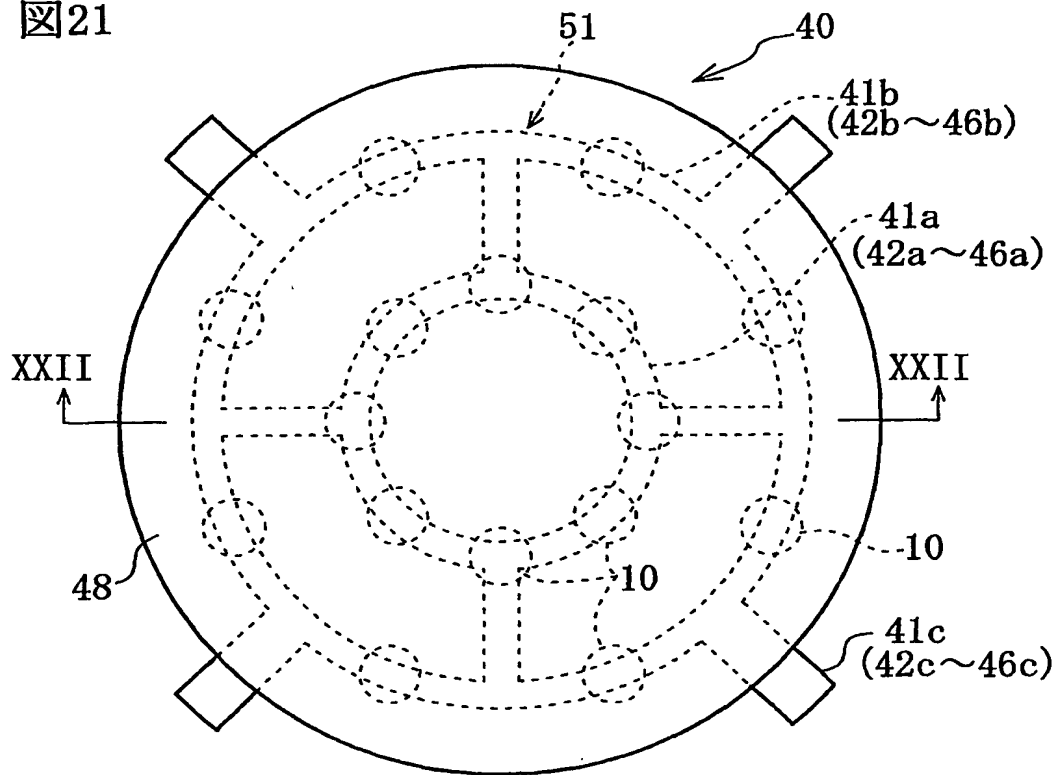


图22

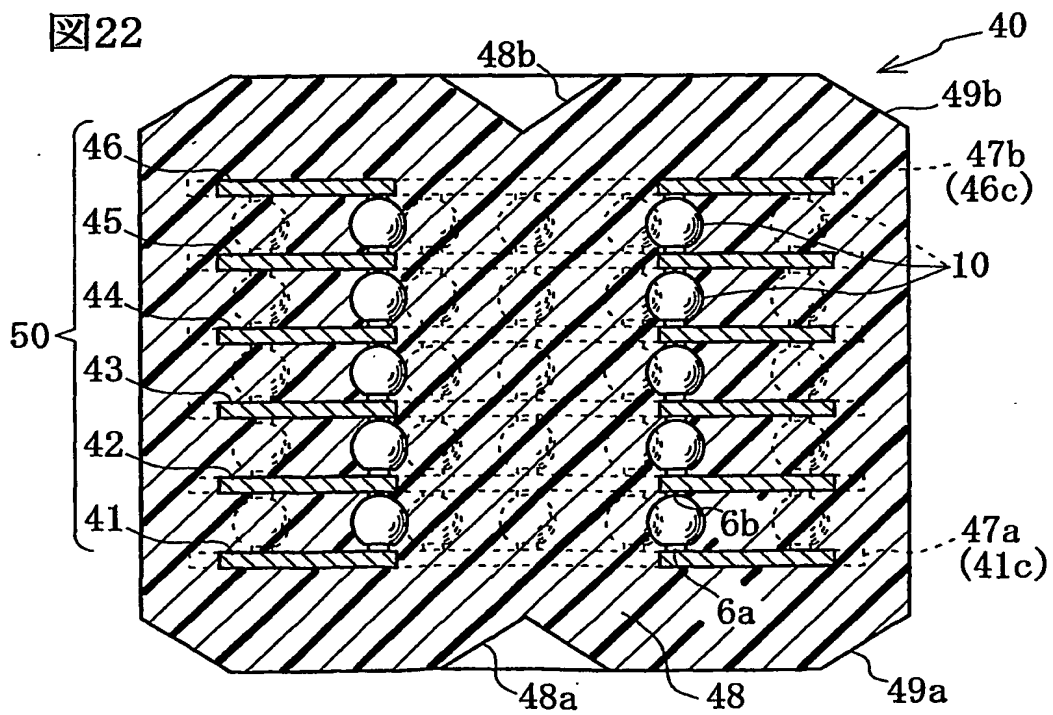


図23

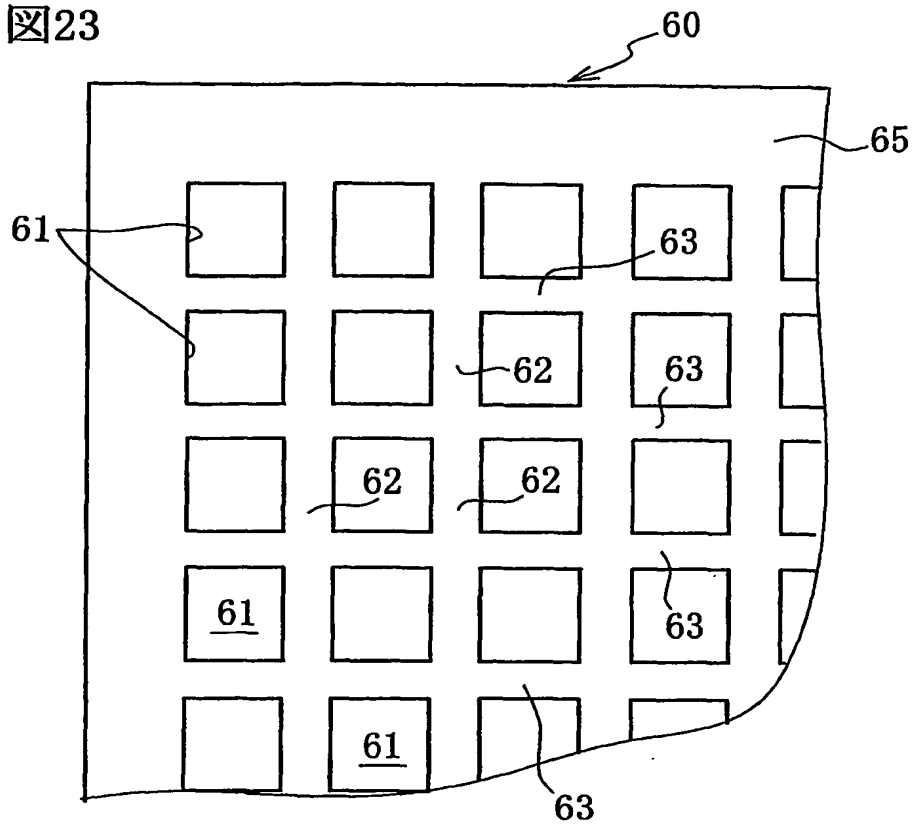


図24

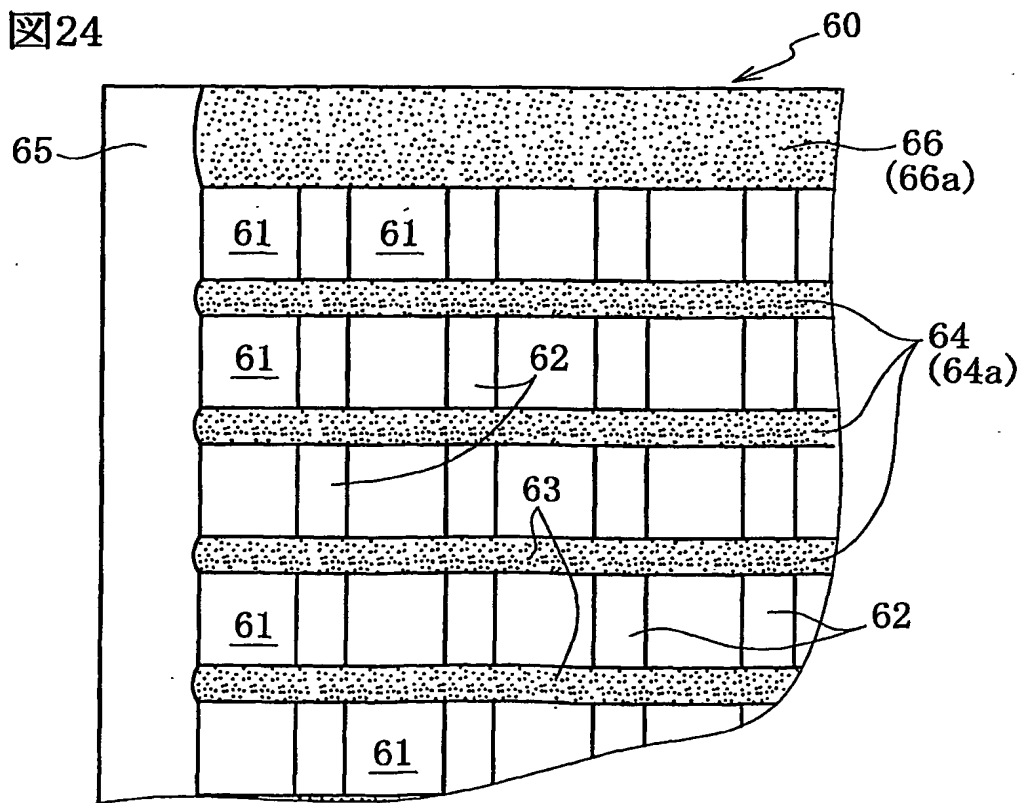


図25

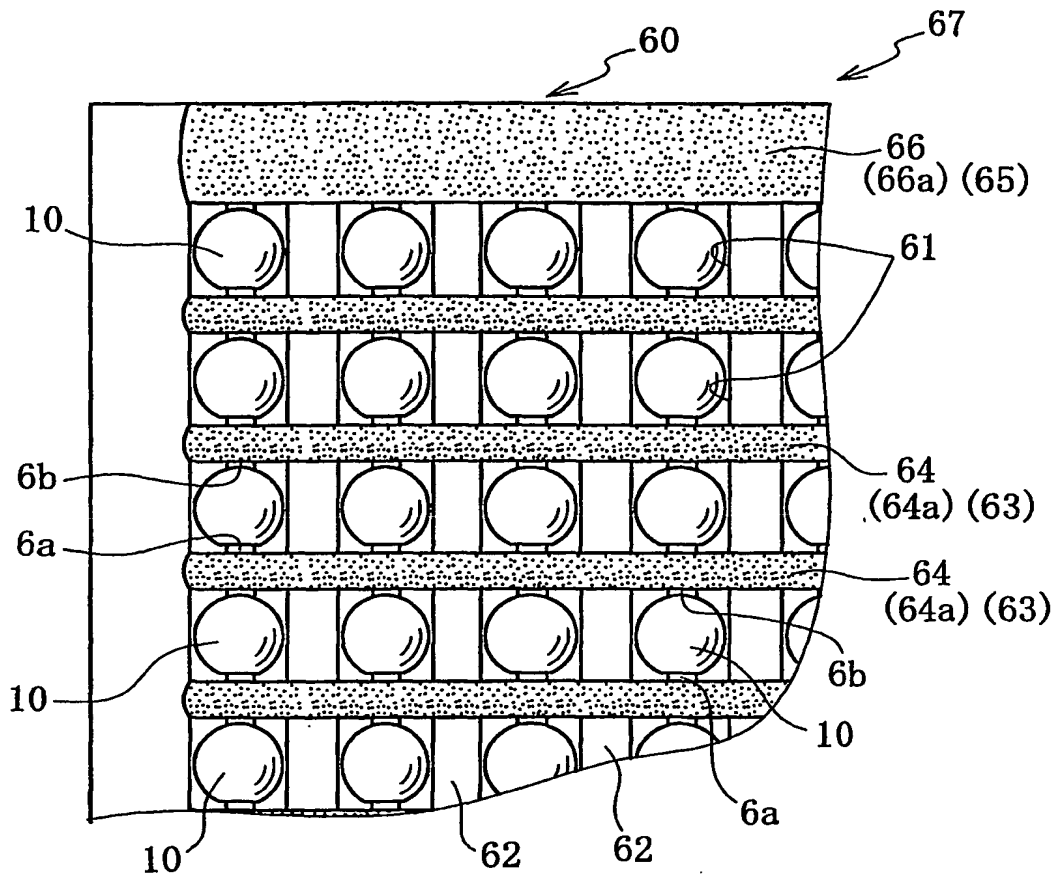


図26

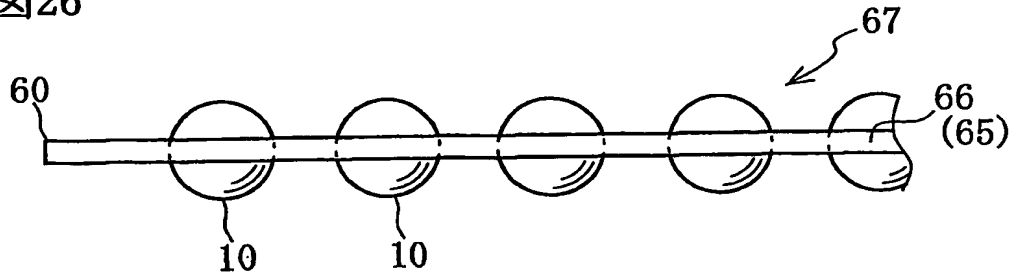


図27

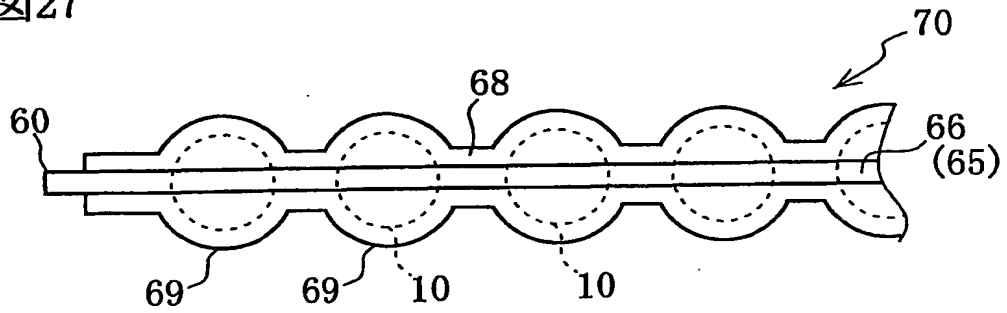


図28

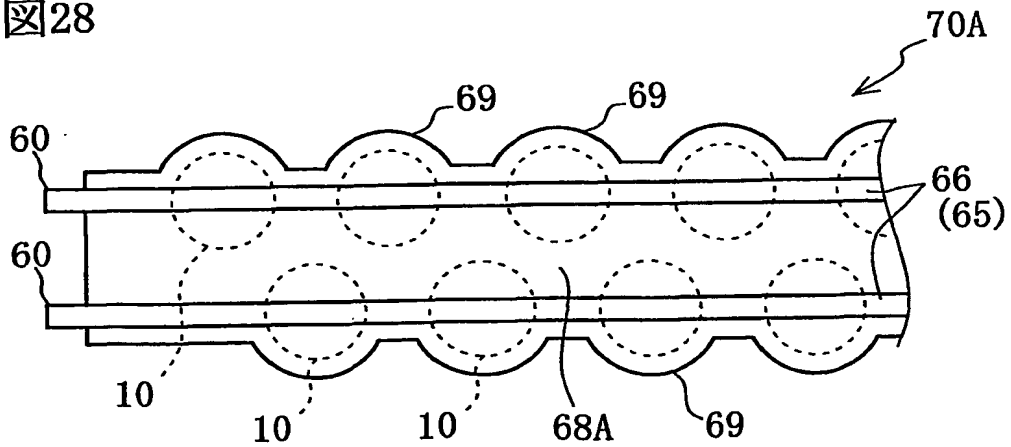


図29

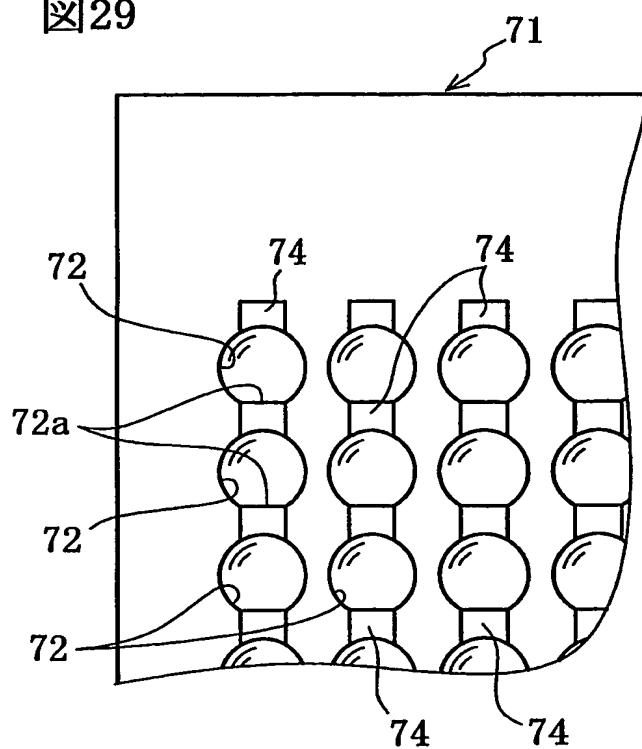


図30

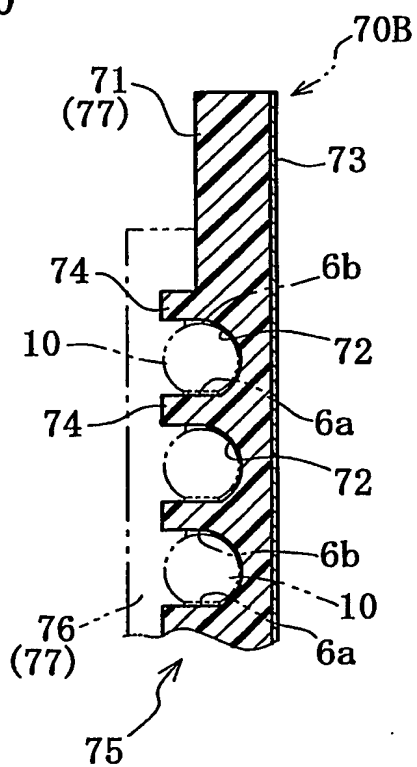




図31

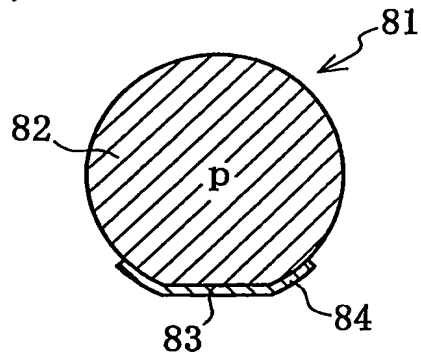


図32

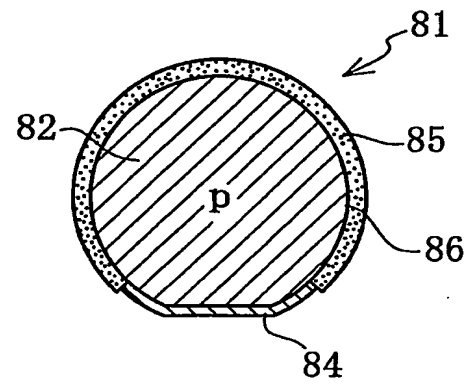


図33

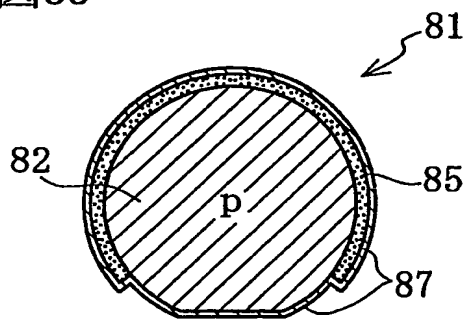


図34

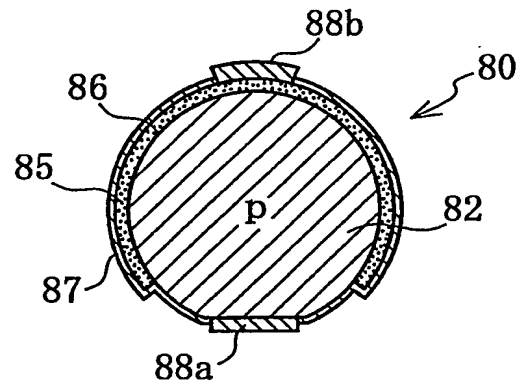


図35

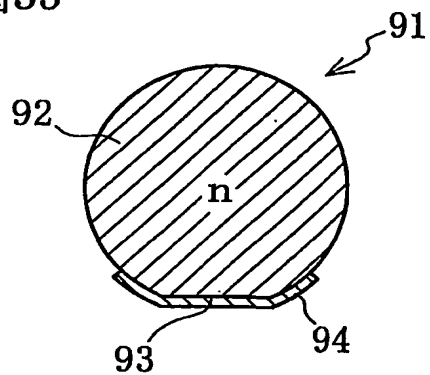


図36

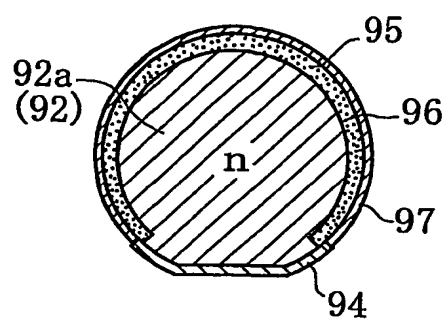


図37

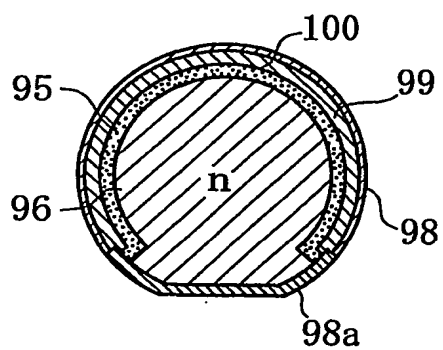
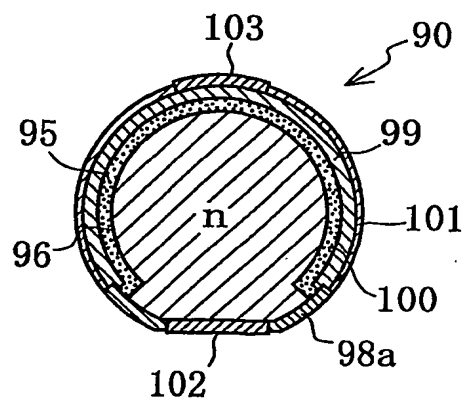


図38



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/06973

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.<sup>7</sup> H01L31/072, H01L31/103, H01L33/00, H01L29/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.<sup>7</sup> H01L31/00-31/119, H01L33/00, H01L29/06-29/10

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1940-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2001
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2001	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2001

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2001-177132 A (Mitsui High Tec Inc.), 29 June, 2001 (29.06.01) (Family: none)	1-11
Y	JP 2001-156315 A (Mitsui High Tec Inc.), 08 June, 2001 (08.06.01) (Family: none)	1-11
Y	JP 2001-168369 A (Josuke NAKATA), 22 June, 2001 (22.06.01) (Family: none)	1-11
Y	WO 98/15983 A (Josuke NAKATA), 16 April, 1998 (16.04.98), & AU 9672278 A & EP 866506 A & CN 1194727 A & JP 10-517366 A & KR 99063830 A & US 6204545 B & TW 418544 A	1-11
A	US 4691076 A (Levine et al.), 01 September, 1987 (01.09.87), & JP 61-124179 A & US 4806495 A & CN 8600381 A & CN 1041244 A & CN 1042275 A & CN 1044874 A	1-11

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.
 ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

 Date of the actual completion of the international search  
07 September, 2001 (07.09.01)

 Date of mailing of the international search report  
18 September, 2001 (18.09.01)

 Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/06973

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 9-162434 A (Hitachi, Ltd.), 20 June, 1997 (20.06.97) (Family: none)	1-11
A	JP 2001-102618 A (Sony Corporation), 13 April, 20019 (13.04.019) (Family: none)	1-11
A	US 5469020 A (Herrick), 21 November, 1995 (21.11.95) (Family: none)	1-11
A	JP 5-36997 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 12 February, 1993 (12.02.93) (Family: none)	1-11

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl <sup>7</sup> H01L31/072, H01L31/103, H01L33/00, H01L29/06		
B. 調査を行った分野		
調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl <sup>7</sup> H01L31/00-31/119, H01L33/00, H01L29/06-29/10		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの		
日本国実用新案公報 1940年-1996年		
日本国公開実用新案公報 1971年-2001年		
日本国登録実用新案公報 1994年-2001年		
日本国実用新案登録公報 1996年-2001年		
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 2001-177132 A (株式会社三井ハイテック) 29. 6月. 2001 (29. 06. 01) (ファミリーなし)	1-11
Y	JP 2001-156315 A (株式会社三井ハイテック) 8. 6月. 2001 (08. 06. 01) (ファミリーなし)	1-11
Y	JP 2001-168369 A (中田 仗祐) 22. 6月. 2001 (22. 06. 01) (ファミリーなし)	1-11
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 07. 09. 01	国際調査報告の発送日 18.09.01	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 浜田 聖司 電話番号 03-3581-1101 内線 3254	

C (続き) 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	WO 98/15983 A (中田 仗祐) 16. 4月. 1998 (16. 04. 98) & AU 9672278 A & EP 866506 A & CN 1194727 A & JP 10-517366 A & KR 99063830 A & US 6204545 B & TW 418544 A	1-11
A	US 4691076 A (Levine et al.) 1. 9月. 1987 (01. 09. 87) & JP 61-124179 A & US 4806495 A & CN 8600381 A & CN 1041244 A & CN 1042275 A & CN 1044874 A	1-11
A	JP 9-162434 A (株式会社日立製作所) 20. 6月. 1997 (20. 06. 97) (ファミリーなし)	1-11
A	JP 2001-102618 A (ソニー株式会社) 13. 4月. 2001 (13. 04. 01) (ファミリーなし)	1-11
A	US 5469020 A (Herrick) 21. 11月. 1995 (21. 11. 95) (ファミリーなし)	1-11
A	JP 5-36997 A (三洋電機株式会社) 12. 2月. 1993 (12. 02. 93) (ファミリーなし)	1-11